



Yield of sweet potato as a function of organic fertilization and intercropping with *Crotalaria juncea*

Rendimento da batata-doce em função da adubação orgânica e do consórcio com Crotalaria juncea

Jandiê Araújo da Silva^{1*}, Evair Marcelo Queiroz da Silva², Járison Cavalcante Nunes³, Maria Aparecida de Moura Araújo¹, Juliete Araújo da Silva³, Adalgisa Aranha de Souza⁴

Abstract: In the northern region of Brazil, information for the sweet potato regarding suitable soil management, especially organic fertilisation and intercropping with species of green manure, are still in the early stages. The aim of this research therefore, was to evaluate the effect of poultry litter on the yield of sweet potato roots grown under a monocrop system and when intercropped with sunn hemp (*Crotalaria juncea*) under the soil and climate conditions of the State of Roraima. The experiment was carried out in the field from August to December of 2014, in the Sector for Olericulture of the School of Agricultural Technology, on the Murupu Campus of UFRR in the town of Boa Vista, Roraima. A randomised block experimental design was used, with three replications, in a $(5 \times 2) + 1$ factorial scheme, representing five doses of poultry litter (0, 5, 10, 15 and 20 t ha⁻¹), with sweet potato as both a monocrop and intercropped with sunn hemp, and one additional treatment with organic and mineral fertiliser. Slips of the Granfina variety of sweet potato were used for planting. Seeds of sunn hemp were sown in double rows between the rows of sweet potato 30 days after planting the slips, with the first cutting carried out 90 days after sowing. The addition of poultry litter to the soil increased the total production of sweet potato roots for the crop planted in Roraima, whether intercropped or not with sunn hemp. Despite the benefits to sweet-potato yield from the addition of poultry litter and the intercrop with sunn hemp, total productivity was greater in the additional treatment that received organic and mineral fertiliser.

Key words: *Ipomoea batatas*. Green manure. Poultry manure. Productivity.

Resumo: Na região Norte, as informações para a batata-doce quanto ao manejo adequado do solo, principalmente sobre a fertilização orgânica e o consórcio com espécies de adubos verdes, ainda são incipientes. Neste sentido, objetivou-se com esta pesquisa avaliar o efeito da cama de aviário sobre o rendimento de raízes de batata-doce, cultivada em sistema solteiro e consorciada com *Crotalaria juncea*, nas condições edafoclimáticas de Roraima. O experimento foi realizado em campo no período de agosto a dezembro de 2014, no setor de Olericultura da Escola Agrotécnica, Campus Murupu-UFRR, município de Boa Vista-RR. O delineamento experimental empregado foi o de blocos casualizados, com três repetições, usando o arranjo fatorial $(5 \times 2) + 1$, referentes a cinco doses de cama de aviário (0; 5; 10; 15 e 20 t ha⁻¹), com a batata-doce em monocultivo e consorciada com a crotalária, e um tratamento adicional com adubação orgânica e mineral. No plantio da batata-doce foram utilizadas ramas da variedade Granfina. As sementes de crotalária foram semeadas em linhas duplas nas entrelinhas da batata-doce, aos 30 dias após o plantio das ramas, sendo o seu primeiro corte efetuado 90 dias após sua semeadura. A adição de cama de aviário ao solo elevou a produtividade total de raiz de batata-doce no lavrado de Roraima, independente da ausência ou presença do consórcio com crotalária. Apesar da ação benéfica da adição de cama-de-aviário e do consórcio com crotalária no rendimento da batata-doce, a produtividade total foi superior no tratamento adicional, que recebeu adubação orgânica e mineral.

Palavras-chave: *Ipomoea batatas*. Adubação verde. Esterco de aves. Produtividade.

*Corresponding author

Submitted for publication on 11/11/2017 and approved 16/11/2017

¹Professor da Escola Agrotécnica da UFRR, Campus Murupu, CEP: 69312058, Boa Vista, RR, Brasil, jandie.araujo@ufrr.br, maria.moura@ufrr.br

²Tecnólogo em Agroecologia, da Escola Agrotécnica da UFRR, Campus Murupu, Boa Vista, RR, Brasil, evairmarcelo_1987@hotmail.com

³PNPD-Capes/Programa de Pós-Graduação em Agroecologia, UERR, Boa Vista, RR, Brasil, jarisson2006@yahoo.com.br

³Programa de Pós-Graduação em Agronomia da UFSM - RS, Brasil, jullytearaujo@hotmail.com

⁴Professora do Centro de Ciências Agrárias da UFRR, Boa Vista, RR, Brasil, adaranha@hotmail.com

INTRODUCTION

Sweet potato (*Ipomoea batatas*, L.) is a tuberous root, and is the sixth most planted, and the fourth most consumed vegetable in Brazil; its economic and social importance is due to its rusticity, broad climatic adaptation, and high capacity for short-term energy production (SILVA *et al.*, 2012a). As a food, it is considered a great source of energy and extremely nutritional due to its low glycemic index, which reduces the sensation of hunger and increases satiety as an aid in weight control (FONTES *et al.*, 2012).

In the State of Roraima (RR), despite little investment in technology, the crop is seen as one of the agricultural alternatives for cultivated and forested areas. However, farmers cultivate small areas, which together with the application of low technology, results in a low individual production volume and low profitability. This is a reflection of the lack of adequate technology, information and knowledge, especially with respect to organic and mineral fertilisation, which has led to a loss of revenue, discouraging producers and contributing to a decrease in the planted area (OLIVEIRA *et al.*, RÓS *et al.*, 2014).

Sweet potato responds very well to organic fertilisation, giving excellent results in both production and quality, especially in soils with low levels of organic matter, such as those in the State of Roraima. However, there is a need for further research into the crop and into alternative sources of chemical fertilisation, since the use of organic fertiliser results in a significant increase in productivity (OLIVEIRA *et al.*, 2010).

For Lyimo *et al.* (2012), sources of organic matter are considered efficient soil-conditioning agents, capable of improving growing conditions by increasing the water-retention capacity and nutrient availability in a form assimilable by the roots, such as nitrogen, phosphorus, potassium, and sulphur (OLIVEIRA *et al.*, 2010; DEMIR *et al.*, 2010; SILVA *et al.*, 2012b).

Among the organic sources that can be used to grow sweet potatoes, poultry litter is important, as it is a low-cost input, often coming from farms on the same property, which reduces production costs and the use of fertilisers and defensive chemicals, providing a healthier product with no pesticides and with less contamination of the environment (SANTOS *et al.*, 2010). This is important for small-scale producers of sweet potatoes, since the productivity achieved is very low due to the lack of financial conditions for acquiring inputs to increase crop yield.

INTRODUÇÃO

A batata-doce (*Ipomoea batatas*, L.) é uma raiz tuberosa que corresponde à sexta hortaliça mais plantada e a quarta mais consumida no Brasil, sua importância econômica e social é resultante da sua rusticidade, ampla adaptação climática e elevada capacidade de produção de energia em curto espaço de tempo (SILVA *et al.*, 2012a). É considerada um alimento com grande fonte energética e nutricional pelo seu baixo índice glicêmico, diminuindo a sensação de fome e aumentando a saciedade, auxiliando, assim, no controle do peso (FONTES *et al.*, 2012).

No estado de Roraima, apesar de poucos investimentos em tecnologias, a cultura surge como uma das alternativas agrícolas para as áreas de lavrado e de floresta. Entretanto, os agricultores fazem pequenas áreas de cultivo associada à aplicação de baixa tecnologia, o que resulta em baixo volume individual de produção e baixa lucratividade. Esse fato é reflexo da ausência de tecnologias, informações e conhecimentos adequados, principalmente com relação à fertilização orgânica e mineral, o que tem provocado perda de receita, desestimulando os produtores e contribuindo para o decréscimo da área plantada (OLIVEIRA *et al.*, 2006; RÓS *et al.*, 2014).

A batata-doce responde muito bem à adubação orgânica, apresentando resultados excelentes, tanto em produção quanto em qualidade, especialmente em solos com baixos teores de matéria orgânica, como os do estado de Roraima. Contudo, há necessidade de mais pesquisas com a cultura e com fontes alternativas à adubação química, pois o uso de fertilizantes orgânicos proporciona incremento significativo na sua produtividade (OLIVEIRA *et al.*, 2010).

Para Lyimo *et al.* (2012), as fontes de matéria orgânica são consideradas eficientes agentes condicionadores do solo, capazes de melhorar as condições de cultivo por meio do aumento da capacidade de retenção de água e disponibilidade de nutrientes em forma assimilável pelas raízes, tais como nitrogênio, fósforo, potássio e enxofre (OLIVEIRA *et al.*, 2010; DEMIR *et al.*, 2010; SILVA *et al.*, 2012b).

Dentre as fontes orgânicas que podem ser utilizadas no cultivo da batata-doce, a cama de aviário se destaca por ser um insumo de baixo custo, muitas vezes podendo ser proveniente de criações da própria propriedade, o que reduz os custos de produção e a utilização de fertilizantes e defensivos químicos, proporcionando um produto mais saudável, sem agrotóxico e com menor contaminação do meio ambiente (SANTOS *et al.*, 2010). Esse fator é importante para os pequenos produtores de batata-doce, uma vez que a produtividade obtida, em razão da falta de condições financeiras para aquisição de insumos para aumentar o rendimento da cultura, é muito baixa.

In the search for alternatives that may favour the input self-sufficiency of a property, in addition to fertilisers from organic sources, green fertilisation with the use of legumes can be an efficient alternative for supplying nitrogen, also helping to improve the physical, chemical and biological characteristics of the soil. Among legumes, the cultivation of sunn hemp as ground cover and green manure is a practice that is becoming more prominent in agroecological production systems, since it protects the soil against erosion, favours nutrient cycling, keeps the population of spontaneous plants at acceptable levels, and contributes to interruption of the pest cycle (SOUSA, 2011; SUBAEDAH *et al.*, 2016).

The aim of this research therefore, was to evaluate the effect of poultry litter on root yield in sweet potato grown under both a monocrop system and intercropped with sunn hemp, under the soil and climate conditions of the State of Roraima, Brazil.

MATERIAL AND METHODS

The experiment was carried out in the field from August to December of 2014, in the Sector for Olericulture of the School of Agricultural Technology, on the Murupu *Campus* of UFRR in the town of Boa Vista, Roraima, located one km from km 37 of the BR 174 highway, travelling from Boa Vista to Pacaraima.

According to the Köppen classification, the climate in the area is type Aw, characterised as Tropical Wet, hot and humid, with a distinct dry period after alternating wet and dry periods. The average temperature is around 25°C; the rainfall in the study area during 2014 was 1,600 mm with irregular distribution in two distinct rainy periods, the wettest period being between April and September. The average annual relative humidity varies between 70 and 80% (ARAÚJO *et al.*, 2001).

The soil in the experimental area was classified as a Dystrophic Yellow Argisol with low nutrient reserves and a low cation exchange capacity (MELO, 2010). Before setting up the experiment, soil samples were collected from the 0-0.20 m layer and sent for laboratory analysis to characterise the chemical attributes (Table 1), following the methodology proposed by Donagema *et al.* (2011).

Na busca de alternativas que possam favorecer a autossuficiência de insumos nas propriedades, além da adubação com fontes orgânicas, a adubação verde com o uso de leguminosas pode ser uma alternativa eficiente no fornecimento de nitrogênio, contribuindo também para melhorar as características físicas, químicas e biológicas do solo. Dentre as leguminosas, o cultivo da crotalária para cobertura do solo e adubação verde é uma prática que vem se destacando nos sistemas de produção agroecológicos, pois protege o solo contra a erosão, favorece a ciclagem de nutrientes, mantém a população de plantas espontâneas em níveis aceitáveis e contribui para a interrupção do ciclo de pragas (SOUSA, 2011; SUBAEDAH *et al.*, 2016).

Neste sentido, objetivou-se com esta pesquisa avaliar o efeito da cama de aviário sobre o rendimento de raízes de batata-doce, cultivada em sistema solteiro e consorciada com crotalária, nas condições edafoclimáticas do estado de Roraima, Brasil.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em campo no período de agosto a dezembro de 2014, no setor de Olericultura da Escola Agrotécnica, *Campus* Murupu-UFRR, município de Boa Vista-RR, localizado a 1,0 km da BR 174, do lado esquerdo, no km 37, sentido Boa Vista-Pacaraima.

Conforme classificação Köppen, o clima do município é do tipo Aw, caracterizado como Tropical Chuvoso, quente e úmido, apresentando nítido período seco após sofrer alternados períodos secos e úmidos. A temperatura média é da ordem de 25 °C, e a precipitação pluviométrica no ano de 2014 na área do estudo foi de 1.600 mm, com distribuição irregular, com dois períodos nítidos de chuvas, sendo o mais chuvoso entre os meses de abril e setembro. A média anual de umidade relativa varia entre 70 e 80% (ARAÚJO *et al.*, 2001).

O solo da área experimental foi classificado como Argissolo Amarelo distrófico com baixa reserva de nutrientes e capacidade de troca de cátions (MELO, 2010). Antes da instalação do experimento, amostras de solo na camada de 0-0,20 m foram coletadas e enviadas para análise em laboratório, para a caracterização dos atributos químicos (Tabela 1), seguindo a metodologia proposta por Donagema *et al.* (2011).

Table1 - Chemical attributes of the soil before setting up the experiment. Boa Vista RR, 2014
Tabela 1 – Atributos químicos do solo antes da instalação do experimento. Boa Vista, RR, 2014

pH	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC	SB	MO	V
Water 1:2,5	(mg dm ⁻³)				cmol _c dm ⁻³				dag kg ⁻¹	%
5,6	10,3	0,13	0,9	0,3	0,09	1,4	5,0	1,33	9,26	49

The treatments were distributed in randomised blocks with three replications, using a $(5 \times 2) + 1$ factorial scheme, representing the combination of five levels of poultry litter (0, 5, 10, 15 and 20 t ha⁻¹), with sweet potato both as a monocrop and intercropped with sunn hemp (*Crotalaria juncea*), and one additional treatment with organic and mineral fertiliser. The experimental plot comprised four mounds, 3.6 m in length, with a spacing of 0.80 m between mounds and 0.30 m between plants, for a total of 48 plants per plot; harvesting was from the two central rows of 20 plants, excluding the longitudinal borders, corresponding to an area of 4.8 m².

Before installing the experiment, the area was prepared by ploughing, followed by the addition of 2.0 t ha⁻¹ dolomitic limestone, incorporated with a disc harrow. The mounds, 0.35 m in height, were made by furrower. Holes were then dug, and 15 days before planting, the pre-plant fertiliser (poultry litter) was distributed in the holes and incorporated into the soil as per the experimental design. No top dressing was used in treatments that included levels of poultry litter.

For the additional treatment, 20 kg ha⁻¹ N was supplied, using urea as the source (45% N); 250 kg ha⁻¹ of P₂O₅, using single superphosphate (18% P₂O₅, 16% Ca and 8% S); 110 kg ha⁻¹ K₂O, using potassium chloride (60% K₂O); and 6.0 t ha⁻¹ poultry litter. Also in the additional treatment, 40 kg ha⁻¹ N and 30 kg ha⁻¹ K₂O, divided into equal parts, were applied as top dressing at 20, 40 and 60 days after planting the slips.

The slips used in the experiment were of the Granfina variety, collected in the institution's own production area. The slips were collected one day prior to planting, selecting those approximately 0.40 m in length containing on average eight internodes. Two slips were planted per hole, buried base down with the help of a small hook at a depth of 0.10 to 0.12 m in open holes at the top of the mounds.

For the intercrop, the sunn hemp was sown between the rows of sweet potato, 30 days after planting the slips, in double rows spaced 0.5 m apart and 0.25 m from the sweet potato, at a density of 40 seeds per linear metre; thinning was carried out 15 days after sowing, leaving 20 plants per linear metre.

Two weedings were carried out during cultivation of the crop to keep the area free of invasive plants; the mounds were earthed up twice with the help of a hoe. During the periods of no rainfall, irrigation were carried out by a conventional sprinkler system, to maintain the soil moisture at field capacity to ensure normal crop development.

Os tratamentos foram distribuídos em blocos ao acaso, com três repetições, empregando o arranjo fatorial $(5 \times 2) + 1$, referente a combinação de cinco níveis de cama de aviário (0; 5; 10; 15 e 20 t ha⁻¹), com batata-doce em monocultivo e consorciada com a *Crotalaria juncea*, e um tratamento adicional com adubação orgânica e mineral. A parcela experimental foi composta por quatro leiras de 3,6 m de comprimento, espaçadas de 0,80 m entre leiras e de 0,30 m entre plantas, totalizando 48 plantas por parcela, onde foram colhidas as duas fileiras centrais, com 20 plantas, correspondendo a 4,8 m², excetuando-se as bordaduras longitudinais, como plantas úteis.

Para a instalação do experimento, a área foi preparada por meio de aração, seguida de adição de 2,0 t ha⁻¹ de calcário dolomítico, incorporadas com grade niveladora. As leiras, com 0,35 m de altura, foram confeccionadas com sulcador, em seguida realizada a abertura de covas para distribuição da adubação de plantio na cova (cama-de-aviário), incorporado ao solo aos 15 dias antes do plantio, conforme delineamento experimental. Nos tratamentos com níveis de cama de aviário não houve adubação de cobertura.

Para o tratamento adicional, foi fornecido 20 kg ha⁻¹ de N, utilizando como fonte a ureia (45% N); 250 kg ha⁻¹ de P₂O₅, utilizando como fonte o superfosfato simples (18% P₂O₅, 16% Ca e 8% S) e 110 kg ha⁻¹ de K₂O, fornecido através do cloreto de potássio (60% de K₂O), e 6,0 t ha⁻¹ de cama de aviário. Em cobertura no tratamento adicional, foram aplicados 40 kg ha⁻¹ de N e 30 kg ha⁻¹ de K₂O, parcelados em partes iguais, aos 20, 40 e 60 dias após o plantio da rama.

As ramas utilizadas no experimento foram da variedade Granfina, coletadas em área de produção da própria instituição. A coleta das ramas foi realizada com um dia de antecedência ao plantio, e foram selecionadas aquelas com aproximadamente 0,40 m de comprimento, contendo em média oito entrenós. Foram plantadas duas ramas por cova, enterradas pela base com auxílio de um pequeno gancho, na profundidade de 0,10 a 0,12 m, em covas abertas no topo das leiras.

No cultivo consorciado, a semeadura da crotalaria foi realizada em linhas duplas nas entrelinhas da batata-doce, aos 30 dias após o plantio das ramas, espaçadas de 0,5 m entre si, a 0,25 m de distância da cova da batata doce, na densidade de 40 sementes por metro linear, procedendo-se ao desbaste 15 dias após a semeadura, deixando-se 20 plantas por metro linear.

Durante a condução da cultura, foram realizadas duas capinas, para mantê-la livre de plantas invasoras, e duas amontoas com auxílio de enxada, para refazer as leiras. Nos períodos de ausência de chuvas, foram efetuadas irrigações pelo sistema de aspersão convencional, procurando manter o solo sempre com a umidade na capacidade de campo para um desenvolvimento normal da cultura.

At 90 days after planting, the period of peak nutrient concentration in the leaves and flowers, the sunn hemp plants were cut close to the ground. They were then weighed to obtain the fresh matter. A 0.5 kg sample from each plot was chopped up and placed to dry in a forced air circulation oven at 70°C to constant dry weight. After cutting close to the ground, all the sunn hemp plants in the plot were arranged laterally to the sweet potato plants in a band about 0.60 m in width.

Harvesting was carried out 150 days after planting, a period characterised by the physiological maturation of the sweet potato. The total and commercial root productivity, total number of roots, number of commercial roots per plant, and mean commercial root weight were then evaluated.

Commercial root productivity in the sweet potato was determined from the weight of the fresh roots, smooth with a uniform shape and weighing between 80 and 400 g, classified as per Santos *et al.* (2006). Total productivity was determined from the weight of the commercial and non-commercial roots, with the results expressed in tons per hectare. The total number of roots was determined by the sum of the commercial and non-commercial roots. The number of commercial roots was determined by a count of the roots that were classified as commercial. Mean commercial root weight was obtained from the total commercial root weight divided by the number of commercial roots harvested.

The results were submitted to analysis of variance; the mean values relative to the levels of poultry litter were evaluated by polynomial regression, testing the linear and quadratic models and selecting the most significant with the highest coefficient of determination; the mean values relative to the intercrop were compared by F-test (BANZATTO; KRONKA, 2006). Contrasts were also tested by comparing the factorial effect with the additional treatment, and verified by F-test ($p \leq 0.05$). The SAS® v. 9.3 software was used to process the data (SAS®, 2011).

RESULTS

According to the summaries of mean square analysis of variance, it can be seen that only total root productivity responded to the effect of the interaction between the levels of poultry litter and the intercrop with sunn hemp (Table 2). Commercial root productivity, total number of roots and number of commercial roots were influenced by the isolated effect of the intercrop with sunn hemp. Mean commercial root weight was not influenced by any of the sources of variation under study. The contrast between the factorial and the additional treatment showed a significant difference only for total crop productivity (Table 2).

Aos 90 dias após o plantio, época em que atinge o pico de concentração de nutrientes nas folhas e flores, as plantas de crotalária foram cortadas rente ao solo. Em seguida foram pesadas para a obtenção da massa fresca. Uma amostra de 0,5 kg de cada parcela foi picada e colocada para secar em estufa de circulação forçada de ar a temperatura de 70 °C, até atingir massa seca constante. Todas as plantas de crotalária presentes na parcela, depois de ceifadas rente ao solo, foram dispostas lateralmente às plantas de batata-doce, em faixa de cerca de 0,60 m de largura.

A colheita foi realizada aos 150 dias após o plantio, período caracterizado pela maturação fisiológica da batata-doce. Após, foram avaliadas as produtividades total e comercial de raízes, o número total de raiz, o número de raízes comerciais por planta e a massa média das raízes comerciais.

A produtividade de raízes comercial de batata-doce foi determinada mediante ao peso de raízes frescas, de formato uniforme e lisas e com peso entre 80 e 400 g, classificadas conforme Santos *et al.* (2006). A produtividade total foi determinada pela massa das raízes comercial e não-comercial, sendo os seus resultados expressos em toneladas por hectare. O número total de raízes foi determinado pela soma das raízes comerciais e não comerciais. O número de raízes comerciais foi determinado por meio da contagem das raízes classificadas como tal. A massa média de raízes comerciais foi obtida mediante o quociente entre o somatório da massa de raízes comerciais e o número de raízes comerciais colhidas.

Os resultados obtidos foram submetidos às análises de variância; as médias referentes às doses de cama de aves foram avaliadas por regressão polinomial, testando-se os modelos linear e quadrático, selecionando-se o mais significativo com maior coeficiente de determinação; e as referentes ao consórcio foram comparadas pelo teste F (BANZATTO; KRONKA, 2006). Também foram testados contrastes, comparando-se o efeito do fatorial com o tratamento adicional, verificados pelo teste F ($p \leq 0,05$). Para o processamento dos dados foi utilizado o software SAS® versão 9.3 (SAS®, 2011).

RESULTADOS

De acordo com os resumos da análise de variância pelo quadrado médio, verifica-se que, apenas a produtividade total de raiz respondeu ao efeito da interação entre os níveis de cama de aves e consórcio com crotalária (Tabela 2). A produtividade de raiz comercial, o número de raiz total e o número de raiz comercial foram influenciadas pelo efeito isolado do consórcio com crotalária. A massa média de raiz comercial não sofreu influência de nenhuma das fontes de variação estudadas. O contraste entre o fatorial e o tratamento adicional apresentou diferença significativa apenas para a produtividade total da cultura (Tabela 2).

Table 2 - Summary of the analysis of variance for the studied variables in sweet potato fertilised with poultry litter, both with and without intercropping with sunn hemp, and estimate of the contrast of the factorial versus the additional treatment, Boa Vista, RR, 2014

Tabela 2 – Resumo da análise de variância para as variáveis estudadas de batata-doce adubadas com cama de aviário, com e sem consórcio com crotalária, e estimativa do contraste do fatorial versus o tratamento adicional, Boa Vista-RR, 2014

SV	DF	TRP	CRP	TNR	NRC	MCRW
Block	2	1.3926 ^{ns}	0.7937 ^{ns}	4801.4848 ^{ns}	359.1212 ^{ns}	5015.6491*
Sunn hemp (S)	1	74.1310**	60.2960**	10453.3333*	7552.5333**	50.5758 ^{ns}
Levels (L)	4	7.28095*	3.0565 ^{ns}	821.3666 ^{ns}	1248.5333 ^{ns}	442.8364 ^{ns}
S × L	4	7.3191*	5.3994 ^{ns}	253.0000 ^{ns}	797.5333 ^{ns}	737.8746 ^{ns}
Factorial × Additional	1	10.8908*	5.2213 ^{ns}	715.7454 ^{ns}	211.2000 ^{ns}	1547.0484 ^{ns}
Residual	20	2.0931	7.3257	1983.0181	705.0545	877.5301
Total	32					
CV %		11.12	20.23	28.90	38.14	26.19
Contrast estimate						
Factorial × Additional		-1.99	-	-	-	-

Total Root Productivity (TPR), Commercial Root Productivity (CRP), Total Number of Roots (TNR), Number of Commercial Roots (NRC) and Mean Commercial Root Weight (MCRW)

^{ns}, ** and *: not significant and significant at 1 and 5% by F-test ($p < 0.05$) respectively.

Produtividade Total de Raiz (TRP), Produtividade de Raiz Comercial (CRP), Número de Raiz Total (TNR), Número de Raiz Comercial (NRC) e Massa Média de Raiz Comercial (MCRW)

^{ns}, ** e *: não significativo e significativo a 1 e 5% pelo teste F ($p < 0,05$), respectivamente.

The addition of poultry litter to the soil increased total productivity in the sweet potato (Figure 1). For the treatments with no intercropping, maximum root productivity was 12.4 t ha⁻¹ at the estimated dose of 8.8 t ha⁻¹ poultry litter. In the treatments with sunn hemp, the addition of the organic input linearly increased total productivity to the level of 0.1869 t ha⁻¹ per unit increase in the dose of poultry litter, to a maximum value of 16.3 t ha⁻¹ at the highest dose of poultry litter (Figure 1).

A adição de cama de aviário ao solo elevou a produtividade total da batata-doce (Figura 1). Nos tratamentos sem o consórcio, a máxima produtividade de raízes foi de 12,4 t ha⁻¹ na dose estimada de 8,8 t ha⁻¹ de cama de aviário. Nos tratamentos com crotalária, a adição do insumo orgânico elevou linearmente a produtividade total ao nível de 0,1869 t ha⁻¹ por aumento unitário da dose de cama de frango, com valor máximo de 16,3 t ha⁻¹ na maior dose de cama de aviário (Figura 1).

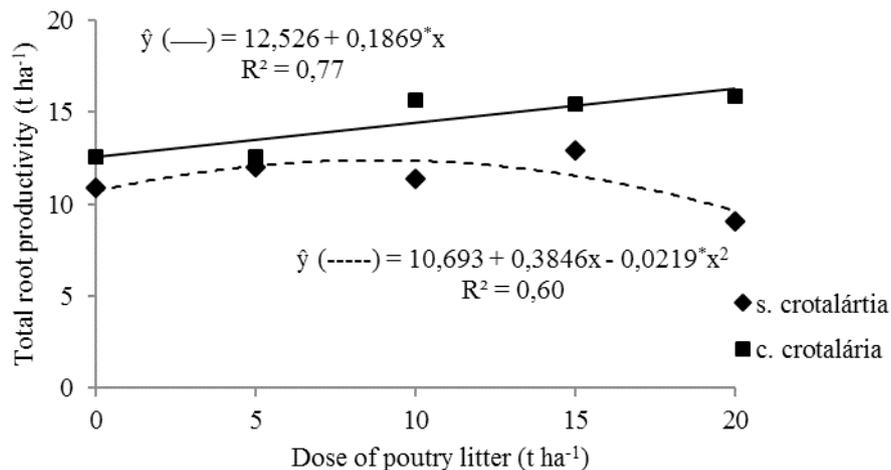


Figure 1 - Total root productivity (TPR) in sweet potato fertilised with doses of poultry litter, in monocrop (Mono) and intercropped (Inter) with sunn hemp, Boa Vista, RR, 2014.

Figura 1 - Produtividade total de raiz (TPR) de batata-doce em função de doses de cama-de-aviário, em monocultivo e em sistema de consórcio com crotalária. Boa Vista-RR, 2014.

Intercropping sweet potato with sunn hemp increased the CRP of the crop from 7.41 to 10.24 t ha⁻¹; in the treatments with sunn hemp, it can be seen that the use of green manure increased commercial root productivity by 38.19% (Figure 2A). Similar to the results obtained for commercial root production (Figure 2A), intercropping sweet potato with sunn hemp increased the TNR from 73.87 to 111.20, showing an increase of 50.6% in relation to the plants that did not receive the green manure (Figure 2B).

Although the interaction between the levels of poultry litter and the intercrop with sunn hemp did not influence the NRC of the sweet potato plants, the isolated practice of the intercrop increased this value from 30.60 to 62.33 roots, with a percentage increase of 103.7% (Figure 2C).

Based on the estimate of the contrast (Table 1), it can be seen that despite the positive effects of organic fertilisation and intercropping on the production components of the sweet potato, the TRP of the plants treated with organic and mineral fertiliser was higher by 1.99 t ha⁻¹ in relation to the factorial.

A utilização do consórcio de batata-doce com crotalária elevou a CRP da cultura de 7,41 para 10,24 t ha⁻¹; nos tratamentos com crotalária, observa-se que a prática da adubação verde elevou em 38,19% a produtividade de raiz comercial (Figura 2A). Semelhante aos resultados obtidos para a produtividade de raízes comerciais (Figura 2A), o cultivo consorciado da batata-doce com crotalária elevou o TNR de 73,87 para 111,20, indicando um incremento de 50,6% em relação às plantas que não receberam a adubação verde (Figura 2B).

Apesar da interação entre os níveis de cama de aviário e o consórcio com crotalária não ter influenciado o NRC das plantas de batata-doce, a prática isolada do consórcio elevou o valor de 30,60 para 62,33 raízes, registrando um acréscimo percentual de 103,7% (Figura 2C).

Com base na estimativa do contraste (Tabela 1), verifica-se que, apesar dos efeitos positivos da adubação orgânica e do consórcio da cultura nos componentes de produção da batata-doce, a TRP das plantas tratadas com adubação orgânica e mineral foi superior em 1,99 t ha⁻¹ em relação ao factorial.

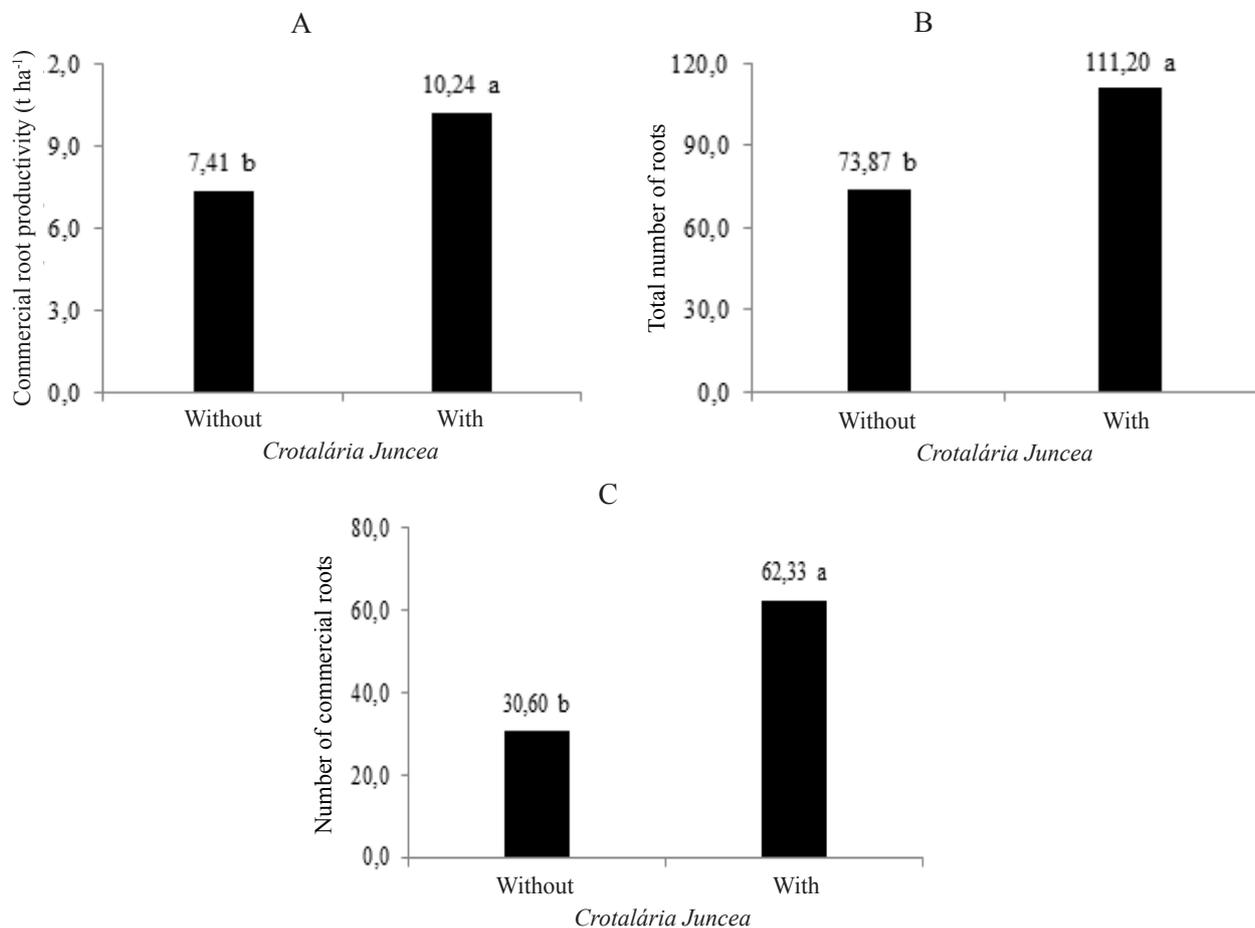


Figure 2 - Commercial root productivity (A), total number of roots (B) and number of commercial roots (C) in sweet potato for the absence and presence of intercropping with sunn hemp. Boa Vista, RR, 2014.

Figura 2 – Produtividade de raiz comercial (A), número total de raiz (B) e número de raiz comercial (C) de batata-doce na ausência e presença de consórcio com crotalária. Boa Vista-RR, 2014.

DISCUSSION

Intercropping with green manure tends to show results after a few crop cycles, as there is a greater accumulation of organic matter on the surface of the soil from the cover plants, causing an increase in nutrients (COSTA *et al.*, 2015).

In the present study, root productivity was higher in the intercrop with sunn hemp (Figure 1). This situation can be explained by the potential for biomass production and the nitrogen supplied to the soil by the legume starting with the first crop (NUNES *et al.*, 2011). Furthermore, the legume effects an improvement in the chemical and physical attributes of the soil (ALMEIDA *et al.*, 2008), helping to increase the productivity of the sweet potato.

The increase in productivity from the supply of poultry litter is a result of the addition of the macro- and micronutrients provided by that material. In addition to the chemical improvement, the organic input contributes to the physical conditioning of the soil (VALADÃO *et al.*, 2011), allowing greater moisture retention and favouring crop production. Along the same lines, Rós (2014) found that the use of 5.79 t ha⁻¹ chicken manure prompted a total productivity of 25.6 t ha⁻¹ in sweet potato roots.

Considering that the mean domestic production of sweet potato is 13.4 t ha⁻¹ (IBGE, 2016), it can be seen that the productivity obtained with the present study exceeds this level, demonstrating that organic fertilisation with poultry litter, and green manure with sunn hemp, give promising results for the sweet potato crop in the State of Roraima.

In relation to the different levels of poultry litter, it was found that for the treatments with no intercropping, the excess of organic fertiliser resulted in a decrease in total crop productivity starting from the dose of 8.8 t ha⁻¹ (Figure 1). Similar results were seen by Santos *et al.* (2006) and Oliveira *et al.* (2010), who found that the productivity data for tuberous roots of the sweet potato adjusted to the quadratic model with a fall in productivity when high doses of cattle manure, nitrogen, phosphorus and potassium were used. The decrease in crop yield at a dose greater than that providing maximum productivity may be due to the excess of nutrients supplied to the crop, resulting in excessive growth of the shoots to the detriment of the formation of tuberous roots (BRITO *et al.*, 2006).

DISCUSSÃO

O consórcio com adubos verdes tende a apresentar resultados após alguns ciclos de cultivo, pois ocorrerá maior acúmulo de matéria orgânica na superfície do solo pelas plantas de cobertura, fazendo com que ocorra incremento da quantidade de nutrientes (COSTA *et al.*, 2015).

No presente estudo, a produtividade de raízes foi superior no cultivo consorciado com crotalária (Figura 1). Essa situação pode ser explicada pelo potencial de produção de fitomassa e aporte de nitrogênio fornecido ao solo pela leguminosa já no primeiro cultivo (NUNES *et al.*, 2011). Além do mais, a leguminosa exerce melhoria nos atributos químicos e físicos do solo (ALMEIDA *et al.*, 2008), contribuindo para elevar a produtividade da batata-doce.

O aumento na produtividade pelo fornecimento de cama de aviário é resultante da adição dos macro e micronutrientes disponibilizados por esse material. Além da melhoria química, o insumo orgânico contribui para o condicionamento físico do solo (VALADÃO *et al.*, 2011), o que permite maior retenção de umidade, favorecendo a produção da cultura. Nessa mesma linha, Rós (2014) verificou que o uso de 5,79 t ha⁻¹ de esterco de galinha determinou produtividade total de 25,6 t ha⁻¹ de raízes de bata-doce.

Ao se considerar que a média nacional de produtividade da batata-doce é de 13,4 t ha⁻¹ (IBGE, 2016), constata-se que a produtividade obtida no presente estudo supera esse patamar, indicando que a adubação orgânica com cama-de-aviário e adubo verde com crotalária gera resultados promissores para a cultura da batata-doce no estado de Roraima.

Com relação aos níveis de cama de aviário, foi verificado que o excesso de fertilizante orgânico promoveu queda na produtividade total da cultura a partir da dose de 8,8 t ha⁻¹, nos tratamentos sem consórcio (Figura 1). Resultados semelhantes foram observados por Santos *et al.* (2006) e Oliveira *et al.* (2010) ao constatarem que os dados de produtividade de raízes tuberosas de batata-doce se ajustaram ao modelo quadrático com queda de produtividade quando foram utilizadas elevadas doses de esterco bovino, nitrogênio, fósforo e potássio. A queda no rendimento da cultura acima da dose que proporciona máxima produtividade pode ser oriunda do excesso de nutrientes fornecidos à cultura, proporcionando crescimento excessivo da parte aérea, em detrimento da formação de raízes tuberosas (BRITO *et al.*, 2006).

Intercropping with sunn hemp resulted in a significant increase in commercial-root productivity in the sweet potato when compared to the monocrop (Figure 2). Research by Souza (2010) on the effect of intercropping maize with sunn hemp on the agronomic performance of sweet potato in succession, showed that pre-cultivation of the sunn hemp resulted in greater root productivity of the principal commercial types, underlining the importance of legumes for providing an increase in nitrogen (N) due to symbiosis with bacteria of the genus *Rhizobium*, benefiting subsequent crops or their intercrops. This increase in productivity proved to be associated with the greater supply of N, P and K, and the mineralisation of the organic matter of the legume.

The intercrop of sweet potato with sunn hemp raised the TNR, but did not influence the MCRW (Figure 2). In studies selecting sweet potato clones, Andrade Junior *et al.* (2009) found a mean weight for commercial roots, which varied from 182.94 g to 320.95 g and from 199.14 g to 233.84 g for Princesa and Brazlândia Roxa respectively. Vieira *et al.* (2015) working with arrowroot (*Maranta arundinaceaea*) intercropped with sunn hemp, also noted that the total productivity of rhizome fresh matter increased when the sunn hemp was cut at 90 days. One possible explanation for the superior performance of the legume in relation to the monocrop could be a high capacity for supplying available N and organic matter for the cultivation of potentially economic crops (NUNES *et al.*, 2011).

For Agbede (2010), the greatest productivity in the sweet potato crop was obtained with a combination of fertilisers (NPK and chicken manure) in relation to individual use of the fertilisers. The greater productivity of the additional treatment was possibly due to organo-mineral fertilisation, in which the essential elements are readily available for use by the plants, whereas in treatments with poultry litter it is necessary for a process of mineralisation to occur, with the possible temporary immobilisation of N and the amounts of added nutrients not being in the proportions required by the plants (SAMPAIO *et al.*, 2007).

CONCLUSIONS

The addition of poultry litter to the soil increased total root productivity in the sweet potato;

Intercropping sweet potato with sunn hemp increased production components in the crop of commercial interest;

Despite the benefits to the sweet potato from the addition of poultry litter and the intercrop with sunn hemp, total productivity was greater in the treatment with organic and mineral fertiliser.

O consórcio com crotalária resultou em aumento expressivo da produtividade de raízes comerciais de batata-doce quando comparado com o monocultivo (Figura 2). Pesquisa realizada por Souza (2010) sobre o efeito do consórcio de milho com *Crotalaria juncea* no desempenho agrônômico de batata-doce em sucessão indicou que o pré-cultivo da crotalária apresentou maior produtividade de raízes classificadas nos principais tipos comerciais, ressaltando a importância das leguminosas por proporcionar incremento de nitrogênio (N) devido à simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium*, beneficiando as culturas subsequentes ou as que a elas estejam consorciadas. Esse aumento na produtividade mostrou-se associado ao maior fornecimento de N, P e K, e a mineralização da matéria orgânica da leguminosa.

O consórcio de batata-doce com crotalária elevou o TNR, porém não influenciou a MCRW (Figura 2). Em estudos com seleção de clones de batata-doce, Andrade Junior *et al.* (2009) verificaram massa média de raízes comerciais, variando de 182,94 g a 320,95 g, e valores de 199,14 g e 233,84 g para Princesa e Brazlândia Roxa, respectivamente. Vieira *et al.* (2015) trabalhando com araruta (*Maranta arundinaceaea*) consorciada com crotalária, também observaram que a produtividade de matéria fresca total de rizomas aumentou quando o corte da crotalária foi feito aos 90 dias. Uma possível explicação da superação da leguminosa em relação ao cultivo solteiro seria a elevada capacidade no aporte de N e matéria orgânica disponibilizados para cultura de potencial econômico (NUNES *et al.*, 2011).

Para Agbede (2010), a maior produtividade da cultura da batata-doce foi obtida quando houve a combinação com a mistura dos adubos (NPK e esterco de galinha) em relação à utilização dos adubos de maneira isolada. A maior produtividade do tratamento adicional possivelmente decorreu da fertilização organomineral, em que os elementos essenciais estão prontamente disponíveis para utilização pelas plantas, enquanto que nos tratamentos com cama de aviário é necessário que ocorra o processo de mineralização, podendo ocorrer a imobilização temporária de N e as quantidades de nutrientes adicionadas não estarem nas proporções requeridas pelas plantas (SAMPAIO *et al.*, 2007).

CONCLUSÕES

A adição de cama de aviário ao solo elevou a produtividade total de raiz de batata-doce;

O consórcio de batata-doce com a crotalária elevou os componentes da produção da cultura de interesse comercial;

Apesar da ação benéfica da adição de cama de aviário e do consórcio com crotalária para a batata-doce, a produtividade total foi superior no tratamento com adubo orgânico e mineral.

LITERATURA CIENTÍFICA CITADA

- AGBEDE, T. M. Tillage and fertilizer effects on some soil properties, leaf nutrient concentrations, growth and sweet potato yield on an Alfisol in southwestern Nigeria. **Soil and Tillage Research**, v. 10, n. 1, p. 25- 32, 2010.
- ALMEIDA, V. P.; ALVES, M.C.; SILVA, E.C.; OLIVEIRA, S.A. Rotação de culturas e propriedades físicas e químicas em latossolo vermelho de cerrado sob preparo convencional e semeadura direta em adoção. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 3, p. 1227-1237, 2008.
- ANDRADE JÚNIOR, V.C; VIANA, D.J.S; FERNANDES, J.S.C; FIGUEIREDO, J.A; NUNES, U.R; NEIVA, I.P. Selection of sweet potato clones for the region Alto Vale do Jequitinhonha. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n. 3, p. 389-393, 2009.
- ARAÚJO, W. F.; ANDRADE JUNIOR, A. S. D.; MEDEIROS, R. D. D.; SAMPAIO, R. A. Precipitação pluviométrica mensal provável em Boa Vista, Estado de Roraima, Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 5, n. 3, p.563-567, 2001.
- BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. Jaboticabal: FUNEP, 2006, 247 p
- BRITO, C. H.; OLIVEIRA, A.P.; ALVES, A.U.; DORNELES, C.S.M.; SANTOS, J.F.; NÓBREGA, J.P.R. Produtividade da batata-doce em função de doses de K₂O em solo arenoso. **Horticultura Brasileira**, v. 24, n.3, p. 320-323, 2006.
- COSTA, N. R.; ANDREOTTI, M.; LOPES, K. S. M.; YOKOBATAKE, K. L.; FERREIRA, J. P.; PARIZ, C. M.; BONINI, C.S.B. e LONGHINI, V.Z. Atributos do Solo e Acúmulo de Carbono na Integração Lavoura-Pecuária em Sistema Plantio Direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 3, p. 852-863, 2015.
- DEMIR, K.; SAHINBY, O.; KADIOGLUCD, K.; PILBEAMDA, D.J.; GUNES, A. Essential and non-essential element composition of tomato plants fertilized with poultry manure. **Scientia Horticulturae**, v. 127, n.1, p.16-22. 2010.
- DONAGEMA, G.K.; CAMPOS, V.D.B.; CALDERANO, S.B.; TEIXEIRA, W.G.; VIANA, J.H.M. **Manual de métodos de análise de solo**. 2ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos 230 p. 2011.
- FONTES, L. C. B.; SIVI, T. C.; RAMOS, K. K.; QUEIROZ, F. P. C. Efeito das condições operacionais no processo de desidratação osmótica de batata-doce. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 14, n. 1, p. 1-13, 2012.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. 2016.
- LYIMO, H.J.F.; PRATT, R.C.; MNYUKU, R.S.O.W. Composted cattle and poultry manures provide excellent fertility and improved management of gray leaf spot in maize. **Field Crops Research**, v.126, p.97-103, 2012.
- MELO, V. F.; FRANCELINO, M. R.; UCHÔA, S. C. P.; SALAMENE SAMARA; SANTOS, C. S. V. Solos da área indígena Yanomami no médio Rio Catrimani, Roraima. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 2, p. 487-496, 2010.
- NUNES, A. S.; SOUZA, L.C.F.; VITORINO, A.C.T.; MOTA, L.H.S. Adubos verdes e doses de nitrogênio em cobertura na cultura do trigo sob plantio direto. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, n. 4, p. 1375-1384, 2011.
- OLIVEIRA, A. P.; SANTOS, J. F.; CAVALCANTE, L. F.; PEREIRA, W. E.; SANTOS, M. C. C. A.; OLIVEIRA, A. N. P.; SILVA, N. V. Yield of sweet potato fertilized with cattle manure and biofertilizer. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 3. p.277-281, 2010.
- OLIVEIRA, A.P.; MOURA, M.F.; NOGUEIRA, D.H.; CHAGAS, N.G.; BRAZ, M.S.S.; OLIVEIRA, M.R.T.; BARBOSA, J.A. Produção de raízes de batata-doce em função do uso de doses de N aplicadas no solo e via foliar. **Horticultura Brasileira**, v.24, n.3, p. 279-282, 2006.
- RÓS, A. B.; NARITA, N.; HIRATA, A. C. S. Produtividade de batata-doce e propriedades físicas e químicas de solo em função de adubação orgânica e mineral. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 1, p. 205-214, 2014.
- SAMPAIO, E., V., S., B.; OLIVEIRA, N., M., B.; NASCIMENTO, P., R., F. Eficiência da adubação orgânica com esterco bovino e com *Egeria densa*. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 31, n. 5, p. 995-1002, 2007.
- SANTOS, J. F.; BRITO, C. H. de; SANTOS, M. do C. A. dos. Avaliação da produção de batata-doce em função de níveis de adubação orgânica. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 32, n. 4, p 663-666, 2010.
- SANTOS, J. F.; OLIVEIRA, A. P.; ALVES, A. U.; DORNELAS, C. S. M.; BRITO, C. H.; NÓBREGA, J. P. R. Produção de batata-doce adubada com esterco bovino em solo com baixo teor de matéria orgânica. **Horticultura Brasileira**, v. 24, n. 1, p. 103-106, 2006.
- SAS, I.I. **SAS/STAT 9.3 User'sGuide**. Cary, North Carolina, United States. 8621 pp. 2011.

SILVA, G. O; PONIJALEKI, R; SUINAGA, F. A. Divergência genética entre acessos de batata-doce utilizando caracteres fenotípicos de raiz. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n.4, p. 595-599, 2012a.

SILVA, J. A; OLIVEIRA, A. P; ALVES, G. S; CAVALCANTE, L. F; OLIVEIRA, A. N. P; ARAÚJO M. A. M. Rendimento do inhame adubado com esterco bovino e biofertilizante no solo e na folha. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n. 3, p.253-257, 2012b.

SOUSA, G. M. M. **Adubação orgânica e densidades de plantas em Crotalaria juncea antecedendo arroz**. 2011.50f. Dissertação (Mestrado em ciência do solo). Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró.

SOUZA, J. R. **Influência dos cultivos de milho e Crotalaria juncea inoculados com fungo micorrízico arbuscular (FMA) no desempenho agrônômico de batata-doce em sucessão**. 2010.45f. Dissertação (Mestrado em fitotecnia), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

SUBAEDAH, SITI.; ALADIN, A.; NIRWANA. Fertilization of nitrogen, phosphor and application of green manure of *Crotalaria juncea* in increasing yield of maize in marginal dry land. **Agriculture and Agricultural Science Procedia**, v. 9, p. 20 - 25, 2016.

VALADÃO, F.C.A.; MAAS, K.D.B.; WEBER, O.L.S.; VALADÃO JÚNIOR, D.D.; SILVA, T.J. Variação nos atributos do solo em sistemas de manejo com adição de cama de frango. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 35, n. 6, p. 2073-2082, 2011.

VIEIRA, J. C. B.; COLOMBO, J. N.; PUIATTI, M.; CECON, P. R.; SILVESTRE, H. C.; Desempenho da araruta 'Viçosa' consorciada com crotalaria. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 10, n. 4, p. 518-524, 2015.