

Produção de raízes de mandioca e propriedades química e física do solo em função de adubação com esterco de galinha¹

Amarilis Beraldo Rós², Andréia Cristina Silva Hirata², Nobuyoshi Narita²

ABSTRACT

Cassava roots yield and soil chemical and physical properties according to chicken manure fertilization

The cassava crop extracts large amounts of nutrients from the soil and, as a result, nutrients in adequate amounts in the soil favor its yield. Thus, this study aimed at evaluating the influence of laying chicken manure on cassava roots yield and morphological characteristics, as well as on soil chemical and physical properties. The experimental design was randomized blocks, with six replications, and treatments consisted of laying chicken manure doses (0 t ha⁻¹, 6 t ha⁻¹, 12 t ha⁻¹ and 18 t ha⁻¹) incorporated into the soil. It was observed that the crop reacted to the soil fertilization by increasing its yield per area and plant unit. Roots individual fresh matter, diameter and length remained constant with treatments. The soil pH and organic matter were raised with the addition of manure. Concerning soil nutrients, there was an increase in the P, Ca and Mg contents. The soil bulk density decreased, while the total soil porosity increased proportionally to the addition of manure. The addition of chicken manure up to 18 t ha⁻¹ provided a higher cassava yield, due to an increase in the number of roots per plant and improvements in the soil chemical and physical properties.

KEY-WORDS: *Manihot esculenta* Crantz; sweet cassava; soil fertility and bulk density; organic fertilization.

RESUMO

A cultura da mandioca extrai grande quantidade de nutrientes do solo e, em função disto, a presença de nutrientes em quantidades adequadas no solo favorece a sua produtividade. Assim, neste trabalho, objetivou-se avaliar a influência do uso de esterco de galinha poedeira na produtividade e características morfológicas de raízes de mandioca, bem como nas propriedades químicas e físicas do solo. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com seis repetições, e os tratamentos constituíram-se de doses de esterco de galinha poedeira (0 t ha⁻¹, 6 t ha⁻¹, 12 t ha⁻¹ e 18 t ha⁻¹) incorporado ao solo. Verificou-se que a cultura respondeu à adubação do solo com acréscimo de produção por unidade de área e de planta. A massa fresca individual, diâmetro e comprimento de raízes não variaram em função dos tratamentos. Os valores de pH e matéria orgânica do solo foram elevados com a adição do fertilizante. Quanto aos nutrientes no solo, houve incremento nos teores de P, Ca e Mg. A densidade do solo foi reduzida, enquanto a porosidade total aumentou proporcionalmente à adição do esterco. A adição de esterco de galinha, até a dose de 18 t ha⁻¹, promoveu aumento na produtividade de raízes de mandioca, em função da elevação no número de raízes por planta e de melhorias nas propriedades químicas e físicas do solo.

PALAVRAS-CHAVE: *Manihot esculenta* Crantz; mandioca de mesa; fertilidade e densidade do solo; adubação orgânica.

INTRODUÇÃO

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é uma espécie nativa do Brasil e está distribuída em todo o território nacional (Valle 2005), sendo cultivada em todos os Estados brasileiros (IBGE 2012). A cultura extrai grande quantidade de nutrientes do solo (Ternes 2002) e, em função disto, a presença de nutrientes, em quantidades adequadas, favorece o aumento na produtividade da cultura (Fidalski 1999).

A resposta da mandioca à adubação depende das condições do solo. Quando cultivada em solos com fertilidade média a alta, geralmente, há pouca ou

nenhuma resposta à adubação, ao passo que, em solos com baixa fertilidade, a cultura apresenta incremento de produtividade, quando há o uso de fertilizantes (Lorenzi 2003). No entanto, para Souza & Fialho (2003), independentemente da resposta da cultura à adubação, sempre é necessário que se proceda à reposição dos nutrientes, de maneira a manter os teores do solo dentro dos níveis recomendados.

A fertilização do solo pode ser feita por meio de fertilizantes minerais ou orgânicos, sendo que este último apresenta vantagens, em especial por permitir aumento nos estoques totais de carbono orgânico e nitrogênio (Leite et al. 2003).

1. Trabalho recebido em mar./2013 e aceito para publicação em ago./2013 (nº registro: PAT 22885).

2. Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA), Polo Alta Sorocabana, Presidente Prudente, São Paulo, Brasil.

E-mails: amarilis@apta.sp.gov.br, andreiacs@apta.sp.gov.br, narita@apta.sp.gov.br.

Santos et al. (2006) estudaram efeitos de doses de esterco bovino na produtividade de batata-doce, até a dose de 50 t ha^{-1} , e verificaram que as maiores produtividades total e comercial de raízes tuberosas foram de $18,5 \text{ t ha}^{-1}$ e $14,2 \text{ t ha}^{-1}$, obtidas com 32 t ha^{-1} e 30 t ha^{-1} de esterco, o que conferiu aumento de produtividade de 112% e 154%, respectivamente, em relação à não aplicação de esterco.

Em Neossolo Regolítico, Oliveira et al. (2007) também testaram diferentes doses (até 50 t ha^{-1}) de esterco bovino no cultivo da batata-doce e constataram que as doses de $25,5 \text{ t ha}^{-1}$ e $21,3 \text{ t ha}^{-1}$ foram responsáveis pelas máximas produtividades de raízes comerciais ($15,2 \text{ t ha}^{-1}$ e $12,9 \text{ t ha}^{-1}$), respectivamente na presença e ausência de biofertilizante. Este incremento correspondeu a, aproximadamente, 110% e 40%, respectivamente, em relação à não utilização de esterco, com e sem aplicação de biofertilizante.

O ganho de produtividade de culturas, em função da adição de esterco ao solo, está, frequentemente, relacionado a melhoras nas propriedades químicas e físicas deste recurso. Dentre os benefícios promovidos nas propriedades químicas, a adição de fertilizantes orgânicos pode melhorar a fertilidade do solo pela elevação de pH, com consequente aumento na capacidade de troca catiônica, e pela liberação de nutrientes (Menezes & Silva 2008, Pires et al. 2008), embora Mitchell & Tu (2006) afirmem que a elevação do pH ocorre, geralmente, quando há aplicação contínua de adubo orgânico.

Os elementos presentes em adubos orgânicos não estão prontamente disponíveis às plantas no momento da adubação, mas ao longo do ciclo da cultura. Os nutrientes são disponibilizados com a decomposição do material orgânico, o que resulta em menor perda de nutrientes por lixiviação e/ou volatilização (Fernandes et al. 2009). A decomposição da matéria orgânica é promovida pela biomassa microbiana do solo, que faz com que ocorra a mineralização, a qual pode ter efeito imediato ou residual (Rodrigues et al. 2008).

Para Silva et al. (2012), o acréscimo de produtividade na cultura do inhame, com a adição de esterco bovino, ocorreu devido ao fornecimento de nutrientes às plantas e à melhoria na capacidade de troca catiônica, o que promoveu maior disponibilidade de nutrientes para a planta, por longo período. Alves et al. (2008) enfatizam que estes efeitos são mais acentuados em solos de baixa CTC.

Com relação às propriedades físicas do solo, a utilização de adubos orgânicos pode incrementar

o teor de carbono orgânico (Nyamangara et al. 2001, Eghball 2002, Miller et al. 2002); melhorar a sua estrutura e reduzir a sua plasticidade e coesão (Pires et al. 2008); promover a agregação das partículas (Barbosa et al. 2004); reduzir a sua densidade e temperatura e ampliar a porosidade (Bhogal et al. 2009, Agbede 2010), promovendo maior capacidade de retenção de água no solo (Nyamangara et al. 2001, Pires et al. 2008). A ação da matéria orgânica na física do solo está relacionada à melhor estruturação, com redução na compactação (Zhang et al. 1997), aumento na aeração (Oelsen et al. 1997) e redução no fendilhamento de solos argilosos (Tejada et al. 2008).

Neste trabalho, objetivou-se avaliar a influência do uso de fertilizante orgânico (esterco de galinha poedeira) na produtividade e características morfológicas de raízes de mandioca, bem como seus efeitos nas propriedades químicas e físicas do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA), Polo Alta Sorocabana, no município de Presidente Prudente, SP ($22^{\circ}11'S$, $51^{\circ}23'W$ e altitude de 424,29 m). O clima é Aw, segundo classificação de Köppen, apresentando duas estações bem definidas: verão quente e úmido e inverno ameno e seco. Os dados meteorológicos ocorridos durante a condução do trabalho encontram-se na Figura 1.

O experimento foi conduzido em Argissolo Vermelho-Amarelo de textura arenosa. As análises química e física, na camada 0-0,2 m, antes do revolvimento do solo para instalação do experimento, resultaram em: pH (CaCl_2) = 5,2; P (resina) = 31 mg dm^{-3} ;

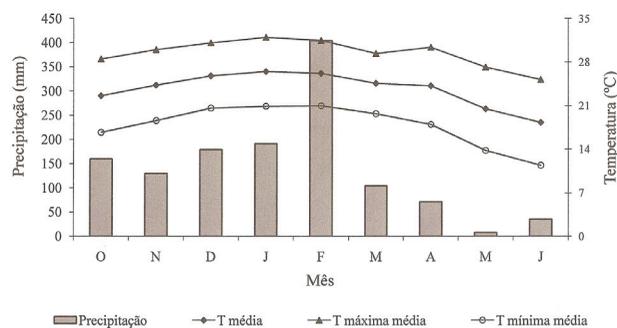


Figura 1. Precipitação e temperaturas média, máxima média e mínima média ocorridas de outubro de 2010 a junho de 2011 (Presidente Prudente, SP).

$K = 3,1 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $Al^{+3} = 0,0 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $Ca^{+2} = 16 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $Mg^{+2} = 4 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; matéria orgânica = 12 g dm^{-3} ; areia = 91%; silte = 3%; argila = 6%; densidade do solo = $1,43 \text{ kg dm}^{-3}$; porosidade total = $0,46 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com seis repetições. Os tratamentos incluíram doses de esterco de galinha poedeira (0 t ha^{-1} , 6 t ha^{-1} , 12 t ha^{-1} e 18 t ha^{-1}), incorporadas ao solo para o cultivo da cultura da mandioca. O esterco de galinha foi armazenado sob lona plástica, em área coberta e arejada, por 60 dias, antes da utilização. A composição química do esterco foi a seguinte: N = 2,32%; $P_2O_5 = 8,1\%$; $K_2O = 3,6\%$; Ca = 13,5%; Mg = 0,9%; S = 0,6%; MO = 33,3%; C = 18,45%. A adubação foi feita a lanço, em solo arado, e o esterco incorporado com nova aração e, por fim, foi realizado o nivelamento da área, com grade niveladora.

Foram retiradas manivas com 0,2 m de comprimento, obtidas do terço médio das hastas de plantas da cultivar de mandioca IAC 576-70, com 10 meses de idade. As manivas foram plantadas a 0,1 m de profundidade, após 7 dias da adição das doses de esterco ao solo.

Cada unidade experimental correspondeu a uma área de $24,0 \text{ m}^2$, com quatro linhas contendo 10 plantas cada, no espaçamento de 0,6 m entre as plantas e 1,0 m entre as linhas. A área útil constituiu-se das duas linhas centrais de cada parcela, excetuando-se as plantas das extremidades. A área experimental foi mantida sem a presença de plantas daninhas, por meio de capinas manuais, durante todo o ciclo da cultura da mandioca.

O plantio foi realizado em 27/10/2010 e a colheita efetuada após 240 dias. Foram avaliadas as produções por unidade de área (ha) e de planta, sendo consideradas as raízes com diâmetro e comprimento igual ou superior a 0,03m e 0,10m, respectivamente. Número, massa fresca individual, diâmetro e comprimento de raiz também foram quantificados.

Por ocasião da data da colheita, foram retiradas amostras de solo compostas (uma por parcela), na profundidade de 0-0,20 m, para avaliação das propriedades químicas, e amostras com estrutura indeformada (uma por parcela), na porção mediana da camada de 0-0,30 m do solo, para avaliação das propriedades físicas do solo. As propriedades avaliadas foram: acidez ativa (pH), matéria orgânica (MO), fósforo (P), cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K), soma de base (SB), capacidade de troca de

cátions (CTC), densidade do solo (Ds) e porosidade total (Pt).

Avaliou-se o pH em $CaCl_2$, ao passo que os teores de P, Ca, Mg e K foram quantificados por meio da resina trocadora de íons e a matéria orgânica por oxidação, conforme descrito por Camargo et al. (2009). A CTC e SB foram determinadas por meio de cálculos. A Ds foi determinada pelo método do anel volumétrico, no qual a massa da amostra de solo, seca a 105°C , é relacionada à soma dos volumes ocupados pelas partículas e pelos poros, e a Pt por meio da relação existente entre a densidade do solo (Ds) e a densidade de partículas (Dp), sendo esta última calculada pelo método do balão volumétrico. Os atributos físicos foram determinados de acordo com a Embrapa (1997).

Os dados obtidos foram submetidos a análises de variância e as médias ajustadas a equações de regressão polinomial. O critério para a escolha do modelo foi a significância pelo teste F e os maiores valores do coeficiente de determinação (R^2). Adotou-se 5% de probabilidade de erro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produtividade de raízes de mandioca, em termos de produção de massa por hectare, apresentou resposta estimada linear crescente, com o incremento na dose de esterco (Figura 2a). A produtividade estimada sem o uso do fertilizante foi de 41 t ha^{-1} e atingiu mais de 49 t ha^{-1} , com a adição de 18 t ha^{-1} de esterco de galinha, o que correspondeu a um acréscimo de 19%.

A cultura da batata-doce, em trabalho de Oliveira et al. (2010), adubada com esterco bovino até a dose de 50 t ha^{-1} , apresentou máxima produtividade de raízes tuberosas ($17,4 \text{ t ha}^{-1}$) na dose de $30,8 \text{ t ha}^{-1}$, com queda de produtividade a partir da aplicação de esterco a partir desta quantidade. Em inhame, conforme trabalho de Oliveira et al. (2001), a adição de esterco de galinha promoveu incremento na produtividade média de 62%, até a dose de $6,6 \text{ t ha}^{-1}$, ocorrendo queda de produtividade, a partir desta dose. Entretanto, no presente trabalho, até a dose máxima utilizada, não houve diminuição de produtividade, indicando que, até esta dose, sob as condições ambientais ocorridas, a quantidade de esterco não foi suficiente para prejudicar a cultura.

A produtividade (produção por unidade de área) obtida (41 t ha^{-1}) sem a aplicação de esterco ao

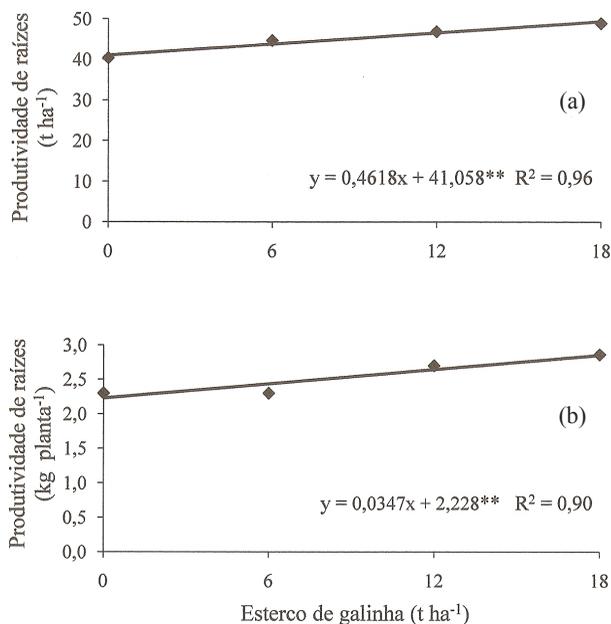


Figura 2. Produção de raízes de mandioca por hectare (a) e por planta (b), em função de doses de esterco de galinha poedeira (Presidente Prudente, SP, 2011). ** Significativo a 1%, pelo teste F.

solo foi considerada elevada, apresentando desempenho superior a outros resultados experimentais encontrados na literatura, como em trabalho de Devidé et al. (2009), no qual foram obtidas 31 t ha⁻¹ de raízes comerciais, e em experimento de Irolivea et al. (1998), com produtividade de 27,4 t ha⁻¹. No presente trabalho, bem como nos dois citados, as manivas de mandioca foram plantadas em épocas semelhantes e colhidas com oito a nove meses. A elevada produtividade do presente trabalho, na situação em que não há adição de esterco de galinha (dose 0), deve-se, provavelmente, à adequada sanidade do material de plantio e a condições edafoclimáticas bastante adequadas à cultura.

Quanto à produtividade, em termos de produção de raízes por planta, na dose 0 a produtividade média estimada foi de 2,2 kg por planta, enquanto na dose de 18 t ha⁻¹ foi de 2,9 kg por planta (Figura 2b). A diferença de produtividade de raízes (por plantas e por hectare) entre os tratamentos deveu-se ao incremento no número de raízes proporcional à adição do esterco de galinha. O número médio de raízes por planta na dose 0 foi estimado em 6,4, enquanto na dose de 18 t ha⁻¹ foi de 8,2 raízes (Figura 3). A adição de esterco não influenciou as demais características das raízes, ou seja, não houve diferença significativa

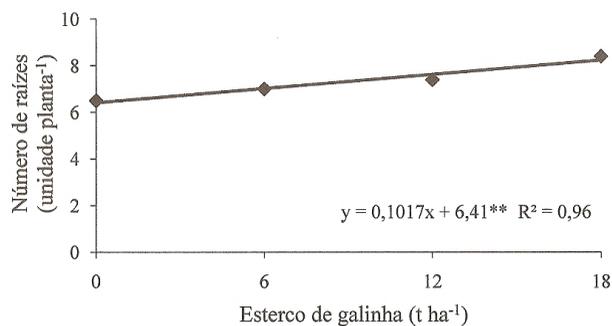


Figura 3. Número de raízes tuberosas por planta, em função de doses de esterco de galinha poedeira (Presidente Prudente, SP, 2011). ** Significativo a 1%, pelo teste F.

em massa fresca individual, diâmetro e comprimento de raiz. As médias destas características foram de 304,36 g, 4,3 cm e 22,31 cm, respectivamente.

Odedina et al. (2011) compararam a produtividade de raízes tuberosas de mandioca colhidas aos 12 meses, em solo sem adubação e em solo com adição de 10 t ha⁻¹ de esterco de aves, e também verificaram que a adição do fertilizante orgânico promoveu acréscimo de produtividade. No entanto, este incremento não foi relacionado ao número de raízes por planta, o qual foi semelhante entre os tratamentos, e sim à ocorrência de raízes com diâmetros superiores, nas plantas cultivadas com esterco.

Com relação às propriedades químicas do solo, a adição de esterco favoreceu a maioria das características. O valor de pH do solo apresentou valores crescentes, com ajuste significativo, de acordo com modelo linear. A adição de 18 t ha⁻¹ promoveu acréscimo estimado de 12% ao valor de pH, em relação à dose 0 (Figura 4a). A elevação do pH deveu-se à liberação de cátions presentes no esterco. A mineralização da matéria orgânica do solo promove a transformação do material orgânico em substâncias orgânicas (ácidos orgânicos e húmus) e mineralizadas (nitratos, fosfatos, sulfatos, formas amoniacais, gás carbônico, água, etc.), o que promove aumento nas cargas negativas do solo e elevação do pH (Heckler et al. 1998). Tais resultados corroboram os trabalhos de Menezes & Silva (2008) e Pires et al. (2008), os quais relataram que a adição de fertilizantes orgânicos resulta em elevação de pH.

A MO aumentou linearmente, de forma significativa, com o aumento na dose de esterco de galinha (Figura 4b). A dose máxima de esterco de galinha proporcionou acréscimo de MO estimado em 42%, em relação à quantidade no solo sem adição de

fertilizante. Resposta semelhante foi observada por Santos et al. (2006), com a adição de doses crescentes de esterco bovino até 50 t ha⁻¹, em solo destinado ao cultivo de batata-doce.

Quanto aos teores de nutrientes no solo, na época da colheita, houve incremento nos teores de

P, Ca e Mg (Figuras 5a, 5b e 5c, respectivamente). Tais resultados indicam que estes nutrientes foram adicionados pelo esterco em doses superiores às exigências das plantas, o que culminou em acréscimos significativos em seus teores, na camada de solo estudada, entretanto, este excedente não prejudicou

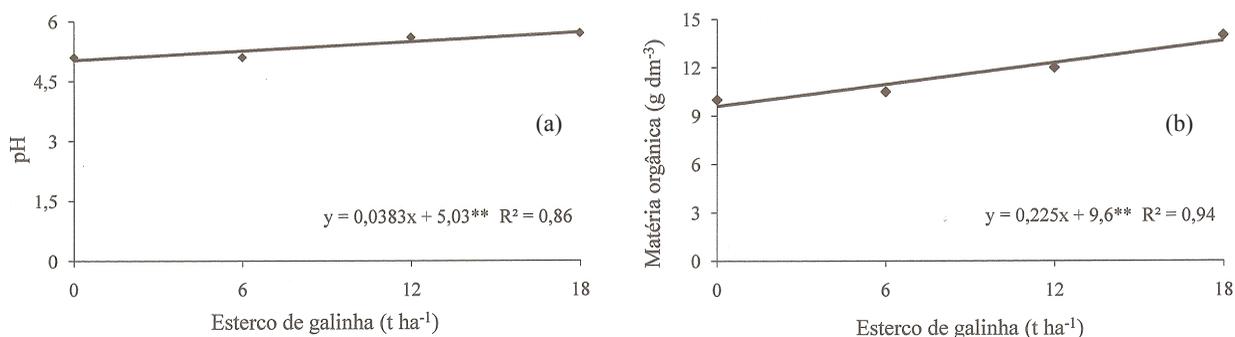


Figura 4. Valores de pH (a) e matéria orgânica (b), em solo submetido a cultivo de mandioca com diferentes doses de esterco de galinha (Presidente Prudente, SP, 2011). ** Significativo a 1%, pelo teste F.

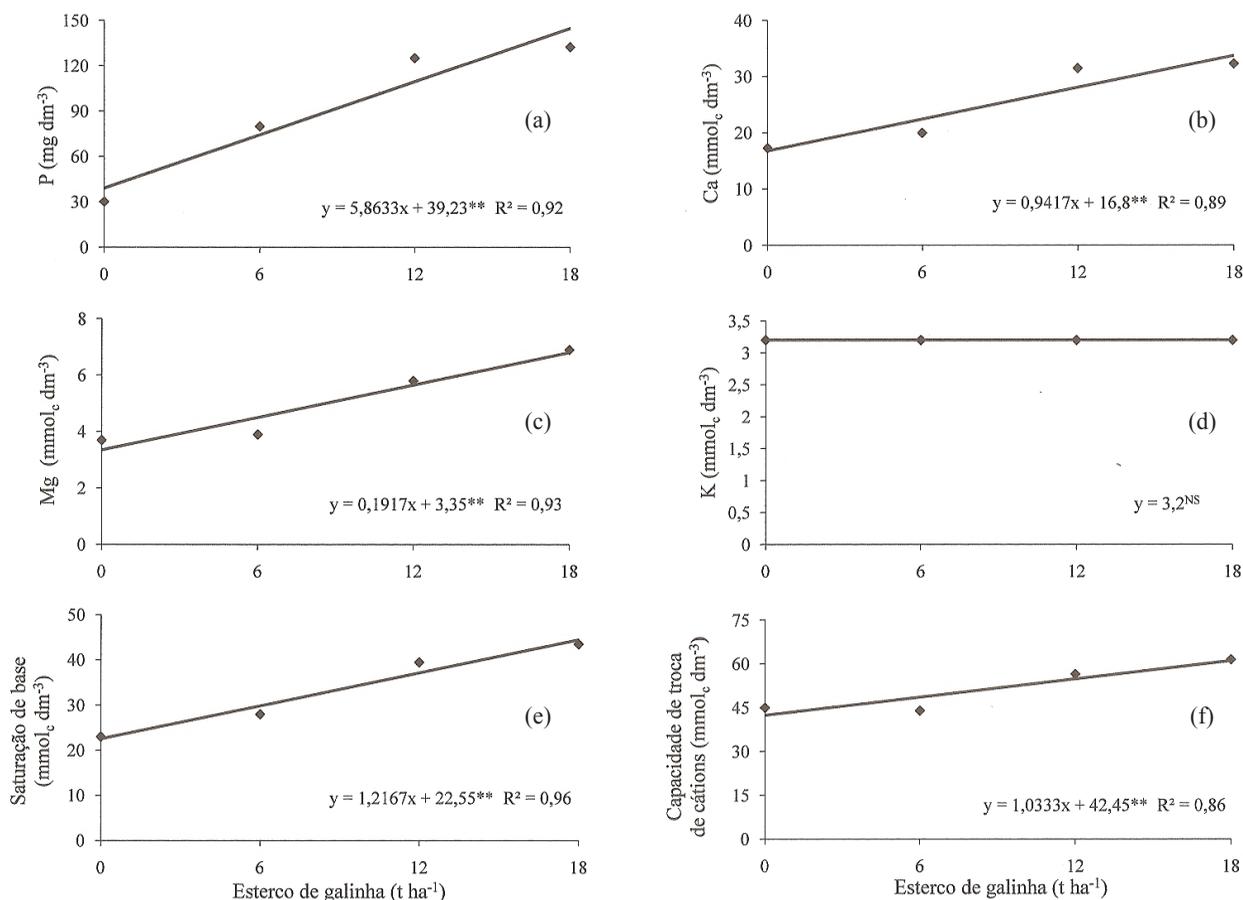


Figura 5. Teores de fósforo (a), cálcio (b), magnésio (c) e potássio (d) e valores de soma de bases (e) e capacidade de troca de cátions (f), em solo submetido ao cultivo de mandioca com diferentes doses de esterco de galinha (Presidente Prudente, SP, 2011). ** Significativo a 1%, pelo teste F.

a produtividade da cultura. Não houve diferença significativa nos teores de K (Figura 5d).

O teor de P aumentou com o incremento na dose de esterco, com ajuste segundo modelo linear. Na dose 0, a média estimada foi de, aproximadamente, 39 mg dm^{-3} e, com a aplicação de 18 t ha^{-1} de esterco, atingiu cerca de 145 mg dm^{-3} , havendo, portanto, acréscimo no teor de P em cerca de 270%.

Silva & Menezes (2007) também verificaram que a utilização de esterco bovino no cultivo de mandioca proporciona incremento nos valores de P extraível no solo. A mandioca apresenta expressiva resposta à aplicação de P, pois os solos brasileiros, em geral, dispõem de baixo teor deste nutriente (Mattos et al. 2002). De acordo com Lorenzi (2003), a adubação básica de plantio, para o cultivo da mandioca no solo estudado, seria de 40 kg ha^{-1} de P_2O_5 . Este valor foi inferior ao adicionado pelo esterco (1.458 kg ha^{-1} , na maior dose).

O Ca e o Mg apresentaram respostas segundo modelo linear crescente, em função do incremento nas doses de esterco. Na maior dose, foi verificado que os teores destes nutrientes no solo apresentaram incremento estimado de, aproximadamente, 100%.

O teor de K recomendado para o plantio da mandioca é de 20 kg ha^{-1} , segundo Lorenzi (2003), e foram adicionados 648 kg ha^{-1} , por meio do esterco, na maior dose. Todavia, não houve incremento significativo em seu teor no solo, com o acréscimo da aplicação de esterco ao solo, sendo seu valor médio estimado em $3,2 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$. Desta forma, foi possível inferir que houve perda do nutriente por lixiviação. Também, em função da maior produtividade de raízes de mandioca, houve maior extração deste nutriente para a produção, visto que o potássio é o nutriente extraído em maior quantidade pela cultura de mandioca (Otsubo & Lorenzi 2004).

Com o incremento nos teores de Ca e Mg, a SB também foi elevada, apresentando resposta linearmente crescente (Figura 5e). Os valores de SB apresentaram incremento de 94%, na maior dose, em relação à dose 0 de esterco. Consequentemente, a CTC apresentou comportamento semelhante: resposta segundo modelo linear crescente (Figura 5f). Estas informações corroboram Oliveira et al. (2001), os quais constataram que a adição de matéria orgânica ao solo promove efeitos positivos que se devem, além do fornecimento de nutrientes, à ação na melhoria da capacidade de troca das bases, promovendo maior

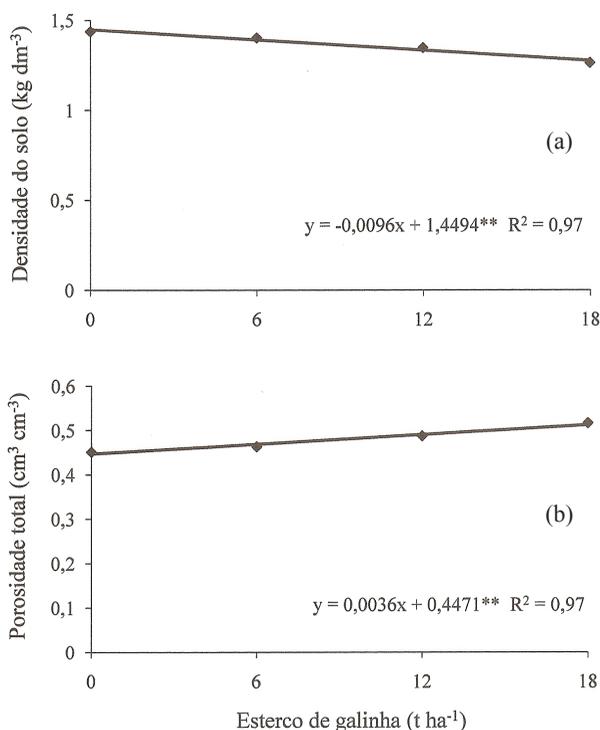


Figura 6. Valores de densidade do solo (a) e porosidade total (b), em solo submetido ao cultivo de mandioca com diferentes doses de esterco de galinha (Presidente Prudente, SP, 2011). ** Significativo a 1%, pelo teste F.

disponibilidade de nutrientes para a planta, por longo período.

Assim como observado neste trabalho com esterco de galinha, a elevação da CTC com a adição de esterco bovino ao solo também foi considerada responsável pelo acréscimo da produtividade, na cultura do inhame, devido à disponibilidade de nutrientes para as plantas, por longo período de tempo (Silva et al. 2012).

Com relação às propriedades físicas do solo, a Ds apresentou resposta estimada segundo modelo linear decrescente (Figura 6a) e a Pt apresentou resposta estimada linear crescente (Figura 6b). A Ds apresentou valor estimado de $1,45 \text{ kg dm}^{-3}$, em solo sem adição de esterco, no momento da colheita, enquanto a adição de 18 t ha^{-1} de esterco reduziu seu valor médio para $1,28 \text{ kg dm}^{-3}$. Esta redução ocorreu com apenas uma aplicação de esterco, entretanto, Arriaga & Lowery (2003) relatam que a redução de Ds ocorre, geralmente, com a aplicação contínua de esterco. A Pt aumentou de $0,45 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$, na dose 0, para $0,52 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$, na maior dose. Estes resultados assemelham-se aos apresentados por Andreola et al.

(2000), os quais verificaram que o adubo orgânico promoveu aumento de macroporos e diminuição na densidade do solo.

Por fim, o incremento de produtividade está relacionado à adição de macronutrientes, bem como aos benefícios promovidos pela utilização do esterco às propriedades físicas do solo.

CONCLUSÃO

A adição de esterco de galinha, até a dose de 18 t ha⁻¹, promoveu acréscimos crescentes à produtividade de raízes de mandioca, resultando no aumento do número de raízes, bem como em alterações favoráveis à cultura, nas propriedades químicas e físicas do solo.

AGRADECIMENTOS

À Universidade do Oeste Paulista (Unoeste), pela realização das análises químicas do solo.

REFERÊNCIAS

- 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*, Amsterdam, v. 10, n. 1, p. 25-32, 2010.
- ALVES, A. U. et al. Lima beans production and economic revenue as function of organic and mineral fertilization. *Horticultura Brasileira*, Brasília, DF, v. 26, n. 2, p. 251-254, 2008.
- ANDREOLA, F. et al. Propriedades químicas de uma Terra Roxa estruturada influenciadas pela cobertura vegetal de inverno e pela adubação orgânica e mineral. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 24, n. 4, p. 609-620, 2000.
- ARRIAGA, F. J.; LOWERY, B. Soil physical properties and crop productivity of an eroded soil amended with cattle manure. *Soil Science*, Brunswick, v. 168, n. 12, p. 888-899, 2003.
- BARBOSA, G. M. C.; TAVARES FILHO, J.; FONSECA, I. C. B. Condutividade hidráulica saturada e não saturada de Latossolo Vermelho eutroférrico tratado com lodo de esgoto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 28, n. 2, p. 403-407, 2004.
- BHOGAL, A.; NICHOLSON, F. A.; CHAMBERS, B. J. Organic carbon additions: effects on soil bio-physical and physico-chemical properties. *European Journal of Soil Science*, Oxford, v. 60, n. 2, p. 276-286, 2009.

CAMARGO, O. A. et al. *Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agrônomo de Campinas*. Campinas: Instituto Agrônomo, 2009. (Boletim técnico, 106).

DEVIDE, A. C. P. et al. Produtividade de raízes de mandioca consorciada com milho e caupi em sistema orgânico. *Bragantia*, Campinas, v. 68, n. 1, p. 145-153, 2009.

EGHBALL, B. Soil properties as influenced by phosphorus- and nitrogen - based manure and compost applications. *Agronomy Journal*, Madison, v. 94, n. 1, p. 128-135, 2002.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (Embrapa). Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Manual de métodos de análise de solo*. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 1997.

FERNANDES, J. D. et al. Adubação orgânica e mineral no desenvolvimento da mamoneira. *Engenharia Ambiental*, Espírito Santo do Pinhal, v. 6, n. 2, p. 358-368, 2009.

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

HECKLER, J. C.; HERNANI, L. C.; PITOL, C. Palha. In: SALTON, J. C.; HERNANI, L. C.; FONTES, C. Z. *Sistema de plantio direto*. Brasília, DF: Embrapa Agropecuária Oeste, 1998. p. 38-49.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Sistema IBGE de recuperação automática - SIDRA: banco de dados agregados*. 2012. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 04 set 2013.

IROLIVEA, E. A. M. et al. Efeito do espaçamento entre plantas e da arquitetura varietal no comportamento vegetativo e produtivo da mandioca. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v. 55, n. 2, p. 269-275, 1998.

LEITE, L. F. C. et al. Estoques totais de carbono orgânico e seus compartimentos em argissolo sob floresta e sob milho cultivado com adubação mineral e orgânica. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 27, n. 5, p. 821-832, 2003.

LORENZI, J. O. *Mandioca*. Campinas: CATI, 2003. (Boletim técnico, 245).

MATTOS, P. L. P. de et al. Cultivo da mandioca nas regiões Norte e Nordeste do Brasil. In: CEREDA, M. P. (Coord.). *Agricultura: tuberosas amiláceas latinoamericanas*. São Paulo: Fundação Cargill, 2002. p. 448-504.

MENEZES, R. S. C.; SILVA, T. O. da. Mudanças na fertilidade de um Neossolo Regolítico após seis anos de adubação orgânica. *Revista Brasileira de Engenharia*

- Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 12, n. 3, p. 251-257, 2008.
- MILLER, J. J.; SWEETLAND, N. J.; CHANG, C. Soil physical properties of a Chernozemic clay loam after 24 years of beef cattle manure application. *Canadian Journal of Soil Science*, Ottawa, v. 82, n. 3, p. 287-296, 2002.
- MITCHELL, C. C.; TU, S. Nutrient accumulation and movement from poultry litter. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v. 70, n. 6, p. 2146-2153, 2006.
- NYAMANGARA, J.; GOTOSA, J.; MPOFU, S. E. Cattle manure effects on structural stability and water retention capacity of a granitic sandy soil in Zimbabwe. *Soil and Tillage Research*, Amsterdam, v. 62, n. 3-4, p. 157-162, 2001.
- ODEDINA, J. N.; ODEDINA, S. A.; OJENIYI, S. O. Effect of types of manure on growth and yield of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). *Researcher*, New York, v. 3, n. 5, p. 1-8, 2011.
- OELSEN, T.; MOLDRUP, P.; HENRIKSEN, K. Modeling diffusion and reaction in soils: VI. Ion diffusion and water characteristics in organic manure-amended soil. *Soil Science*, New Brunswick, v. 162, n. 6, p. 399-409, 1997.
- OLIVEIRA, A. P. de et al. Produção da batata-doce adubada com esterco bovino e biofertilizante. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1722-1728, 2007.
- OLIVEIRA, A. P. de et al. Yield of sweet potato fertilized with cattle manure and biofertilizer. *Horticultura Brasileira*, Brasília, DF, v. 28, n. 3, p. 277-281, 2010.
- OLIVEIRA, A. P.; FREITAS NETO, P. A.; SANTOS, E. S. Produtividade do inhame em função de fertilização orgânica e mineral e de épocas de colheita. *Horticultura Brasileira*, Brasília, DF, v. 19, n. 2, p. 144-147, 2001.
- OTSUBO, A. A.; LORENZI, J. O. *Cultivo da mandioca na região Centro-Sul do Brasil*. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2004. (Sistemas de produção, 6).
- PIRES, A. A. et al. Efeito da adubação alternativa do maracujazeiro amarelo nas características químicas e físicas do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 32, n. 5, p. 1997-2005, 2008.
- RODRIGUES, G. O. et al. Quantidade de esterco bovino no desempenho agrônômico da rúcula (*Eruca sativa* L.). *Revista Caatinga*, Mossoró, v. 21, n. 1, p. 162-168, 2008.
- SANTOS, J. F. et al. Produção de batata-doce adubada com esterco bovino em solo com baixo teor de matéria orgânica. *Horticultura Brasileira*, Brasília, DF, v. 24, n. 1, p. 103-106, 2006.
- SILVA, J. A. da et al. Rendimento do inhame adubado com esterco bovino e biofertilizante no solo e na folha. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 16, n. 3, p. 253-257, 2012.
- SILVA, T. O.; MENEZES, R. S. C. Adubação orgânica da batata com esterco e/ou *Crotalaria juncea*. II. Disponibilidade de N, P e K no solo ao longo do ciclo de cultivo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 31, n. 1, p. 51-61, 2007.
- SOUZA, L. da S.; FIALHO, J. de F. *Cultivo da mandioca para a região do Cerrado*. 2003. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mandioca/mandioca_cerrados/solos.htm>. Acesso em: 06 ago. 2012.
- TEJADA, M. et al. Effects of different green manures on soil biological properties and maize yield. *Bioresource Technology*, Essex, v. 99, n. 6, p. 1758-1767, 2008.
- TERNES, M. Fisiologia da planta. In: CEREDA, M. P. (Coord.). *Agricultura: tuberosas amiláceas latinoamericanas*. São Paulo: Fundação Cargill, 2002. p. 448-504.
- VALLE, T. L. Mandioca: dos índios à agroindústria. *Revista ABAM - Associação Brasileira dos Produtores de Amido de Mandioca*, Paranavaí, v. 3, n. 11, p. 24-25, 2005.
- ZHANG, H.; HARTGE, K. H.; RINGE, H. Effectiveness of organic matter incorporation in reducing soil compatibility. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v. 61, n. 1, p. 239-245, 1997.