

CRESCIMENTO INICIAL DE MAMONEIRA ADUBADA COM LODO DE ESGOTO E SILICATO DE CÁLCIO E MAGNÉSIO¹

GERALDO RIBEIRO ZUBA JUNIO^{2*}, REGYNALDO ARRUDA SAMPAIO³, ALTINA LACERDA NASCIMENTO⁴, NATÁLIA NUNES DE LIMA⁵, LUIZ ARNALDO FERNANDES³

RESUMO - O presente trabalho teve por objetivo avaliar o crescimento inicial da mamoneira (*Ricinus cummunis* L.) em resposta a adubação com composto de lodo de esgoto e silicato de cálcio e magnésio. O experimento foi conduzido no período de julho a agosto de 2010 na fazenda experimental do Instituto de Ciências Agrárias (ICA) da UFMG em Montes Claros – MG. O cultivo foi realizado em área de Cambissolo Háplico, utilizando-se como planta indicadora a mamona (*Ricinus communis* L.) variedade BRS Energia. Os tratamentos, em esquema fatorial 2 x 4, no delineamento em blocos casualizados com 3 repetições, corresponderam a: 2 doses de silicato de cálcio e magnésio (0 e 1 t ha⁻¹) e 4 doses de composto de lodo de esgoto (0; 23,81; 47,62 e 71,43 t ha⁻¹, em base seca). No experimento foram avaliados: altura da planta, diâmetro de copa, diâmetro de caule e número de folhas. O silicato de cálcio e magnésio não influenciou o crescimento da planta. Por outro lado, a mamoneira apresentou resposta ao composto de lodo de esgoto, expressando valor máximo das características de crescimento na dosagem de 71,43 t ha⁻¹, exceto para o número de folhas, que não respondeu a nenhum dos tratamentos.

Palavras-chaves: Adubação orgânica. Biossólido. Resíduos de siderurgia.

INITIAL GROWTH OF CASTOR BEAN FERTILIZED WITH SEWAGE SLUDGE COMPOST AND CALCIUM AND MAGNESIUM SILICATE

ABSTRACT - This paper aimed to evaluate the initial growth of castor bean (*Ricinus cummunis* L.) in response to fertilization with sewage sludge and calcium and magnesium silicate. The experiment was conducted from July to August 2010 at the Institute of Agricultural Sciences (ICA) in Montes Claros, UFMG - MG. The cultivation was carried out on a Cambisol, using as indicator plant castor bean (*Ricinus communis*) variety BRS Energy. The treatments, in factorial 2 x 4, in randomized block design with three replicates, were: two doses of calcium and magnesium silicate (0 and 1 t ha⁻¹) and four doses of sewage sludge compost (0; 23,81; 47,62 and 71,43 t ha⁻¹, in dry basis). In the experiment, plant height, crown diameter, stem diameter and leaf number were measurement. Calcium and magnesium silicate did not influence the growth characteristics of plant. On the other hand, the castor bean showed response to sewage sludge compost, expressing the maximum value of the growth characteristics at a dosage of 71.43 t ha⁻¹, except for the number of leaves, which did not respond to any treatment.

Keywords: Organic fertilizer. Biosolid. Waste steel.

*Autor para correspondência.

¹Recebido para publicação em 31/12/2010; aceito em 18/07/2011.

²Mestre em Ciências Agrárias, Instituto de Ciências Agrárias – ICA, Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, av. Universitária, 1000, Bairro Universitário, 39404-006, Montes Claros - MG; juniozuba@ufmg.br

³Professor do Instituto de Ciências Agrárias – ICA, Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, av. Universitária, 1000, Bairro Universitário, 39404-006, Montes Claros - MG; rsampaio@ufmg.br; larnaldo@ufmg.br

⁴Mestranda em Ciências Agrárias, Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, av. Universitária, 1000, Bairro Universitário, 39404-006, Montes Claros - MG; altinalacerda@yahoo.com.br

⁵Acadêmica do Curso de Agronomia, Instituto de Ciências Agrárias – ICA, Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, av. Universitária, 1000, Bairro Universitário, 39404-006, Montes Claros - MG; Bolsista FAPEMIG; natalialima_1@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

A mamoneira é uma oleaginosa exigente em fertilidade do solo e sensível a acidez do solo, não tolerando pH abaixo de 6,0 (GONÇALVES et al., 2005). Para corrigir a acidez do solo, pode se usar, como alternativa ao calcário, os silicatos de cálcio e magnésio, que têm poder de neutralização da acidez e ainda disponibilizam cálcio, magnésio e silício para as plantas (CHAVES; FARIAS, 2008). Além disso, o aumento do teor de silício no solo pode contribuir para a redução da adsorção de fósforo e aumento da disponibilidade deste elemento para as plantas (KORNDÖRFER, 2002). Pode ainda aumentar a resistência das plantas ao acamamento, ao ataque de pragas mastigadoras e as doenças, em razão da deposição de silício em seus tecidos (KORNDÖRFER, 2002; MARCHEZAN et al., 2004).

A fertilização de solos agrícolas por meio da aplicação de lodo de esgoto destaca-se pela viabilização da reciclagem de nutrientes, promoção de melhorias físicas e químicas do solo, e por ser uma solução de longo alcance para a destinação deste resíduo (BARBOSA et al., 2007; MARQUES et al., 2007), podendo ser utilizado na agricultura, silvicultura, floricultura, paisagismo ou recuperação de áreas degradadas. É uma importante fonte de matéria orgânica e de elementos essenciais às plantas, podendo complementar os fertilizantes minerais e reduzir os custos de produção (SILVA et al., 2002; LE-MAINSKI; SILVA, 2006). Apresenta, porém, riscos potenciais de contaminação do solo e das plantas com metais pesados, podendo assim limitar a sua utilização como fertilizante (BIONDI; NASCIMENTO, 2005; GOMES et al., 2006; NOGUEIRA et al., 2007; OLIVEIRA et al., 2009a).

A associação de resíduos de siderurgia, como corretivos de acidez e fontes de cálcio, magnésio e silício, e de lodo de esgoto de estações de tratamentos de esgotos urbanos, como fonte de macro e micronutrientes, principalmente nitrogênio, pode ser uma importante alternativa para o cultivo de oleaginosas, reduzindo os custos com a aplicação de insumos e proporcionando destino adequado para estes resíduos. Assim, este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da adubação com composto de lodo de esgoto e silicato de cálcio e magnésio sobre o desenvolvimento inicial da mamona.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido nos meses de julho e agosto de 2010 no Instituto de Ciências Agrárias (ICA) da UFMG em Montes Claros – MG, latitude 16°51'38" S e longitude 44°55'00" W. O cultivo foi realizado em área de Cambissolo Háplico, utilizando-se como planta indicadora a mamona (*Ricinus communis* L.) variedade BRS Energia. As

características químicas e físicas do solo foram determinadas conforme Embrapa (1997), sendo apresentadas na Tabela 1.

Os tratamentos, em esquema fatorial 2 x 4, corresponderam a 2 doses de silicato de cálcio e magnésio (0 e 1 t ha⁻¹) e 4 doses de lodo de esgoto em base seca (0; 23,81; 47,62 e 71,43 t ha⁻¹), com três repetições, no delineamento em blocos casualizados.

O silicato de cálcio e magnésio utilizado foi um produto comercial contendo 36% de CaO, 9% de MgO e 23% de SiO₂, PRNT de 85% e teores de Fe (27,20 mg kg⁻¹), Zn (19,00 mg kg⁻¹), Mn (43,00 mg kg⁻¹) e Cu (19,00 mg kg⁻¹), sendo a dose aplicada de 1 t ha⁻¹, a necessária para atender a necessidade das plantas (KORNDÖRFER et al., 2002).

As doses de composto de lodo de esgoto foram baseadas na concentração de nitrogênio disponível neste adubo, 1,68 kg t⁻¹, calculado de acordo com a resolução CONAMA 375 de agosto de 2006 (CONAMA, 2006), e na recomendação da adubação da 5ª Aproximação da Recomendação de Corretivos e Fertilizantes de Minas Gerais, 40 kg ha⁻¹ (CFSEMG, 1999).

O lodo de esgoto desidratado foi coletado na Estação de Tratamento de Esgoto - ETE do município de Juramento – MG, distante cerca de 40 km do local da pesquisa. A ETE é operada pela COPASA-MG e possui capacidade para tratar 217 m³ dia⁻¹ de esgoto. A linha de tratamento é composta por tratamento preliminar e reator anaeróbio UASB interligado em série a uma lagoa de pós-tratamento do tipo facultativa. O lodo gerado no reator UASB é desidratado em um leito de secagem e, posteriormente, disponibilizado para aproveitamento agrícola ou disposto em um aterro controlado, implantado na área da estação. Na tabela 2 estão apresentadas as características químicas do lodo de esgoto, da palha de feijão e do composto de lodo de esgoto, conforme metodologias de Tedesco et al. (1995).

A compostagem foi feita misturando o lodo de esgoto a palhada de feijão, para obter uma relação C/N de 30:1. A compostagem foi feita em sistemas de pilhas com altura máxima de 1,5 m, sendo que a temperatura e a umidade foram verificadas com frequência diária. Para o controle desses fatores foi realizado o revolvimento das pilhas de forma manual com auxílio de enxada.

A adubação foi realizada em uma única aplicação em sulcos de plantio utilizando-se somente o silicato de cálcio e magnésio e o composto de lodo de esgoto, conforme os tratamentos. O semeio foi feito em sulcos colocando-se três sementes por cova a uma distância de 0,50 m entre plantas e 0,75 m entre fileiras. Aos 15 dias após a semeadura foi realizado o desbaste, deixando-se apenas uma planta por cova. Cada unidade experimental foi formada por 28 plantas, sendo 10 na parcela útil.

Tabela 1. Características químicas e físicas do solo utilizado no experimento¹.

Atributos do solo	Camada (cm)	
	0-20	20-40
pH em água	6,20	6,20
P Mehlich (mg kg ⁻¹)	3,20	2,20
P remanescente (mg L ⁻¹)	33,80	30,80
K (mg kg ⁻¹)	140,00	70,00
Ca (cmolc dm ⁻³)	6,20	5,60
Mg (cmolc dm ⁻³)	2,90	2,20
Al (cmolc dm ⁻³)	0,00	0,00
H +Al (cmolc dm ⁻³)	2,59	2,45
SB (cmolc dm ⁻³)	9,46	7,98
t (cmolc dm ⁻³)	9,46	7,98
m (%)	0,00	0,00
T (cmolc dm ⁻³)	12,05	10,43
V (%)	78,00	76,00
MO (dag kg ⁻¹)	5,58	4,79
Areia grossa (dag kg ⁻¹)	12,00	9,30
Areia fina (dag kg ⁻¹)	48,00	48,70
Silte (dag kg ⁻¹)	18,00	18,00
Argila (dag kg ⁻¹)	22,00	24,00

¹Metodologia da Embrapa (1997).

Tabela 2. Características químicas do lodo de esgoto, da palha de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) e do composto de lodo de esgoto e quantidades de nutrientes aplicadas com as diferentes doses de composto de lodo de esgoto.

Material	Características químicas ¹ (dag kg ⁻¹)							
	N	P	K	Ca	Mg	S		
Lodo de esgoto	1,77	0,41	0,66	0,05	0,22	1,24		
Palha de feijão	0,91	0,12	2,00	1,20	0,40	0,04		
Composto de lodo de esgoto	1,63	0,42	0,68	0,40	0,22	1,26		
Composto de lodo de esgoto (t ha ⁻¹)	Quantidades aplicadas (kg ha ⁻¹)							
	N _{total}	N _{disp}	P	K	Ca	Mg	S	
	23,81	388,10	40,00	100,00	161,91	95,24	52,38	300,01
	47,62	776,21	80,00	200,00	323,82	190,48	104,76	600,01
71,43	1.164,31	120,00	300,00	485,72	285,72	157,15	900,02	

¹Metodologias de Tedesco et al. (1995).

N_{disp} = Teor de nitrogênio disponível calculado de acordo com a resolução CONAMA 375 de agosto de 2006 (CONAMA, 2006).

Aos 45 dias após o semeio, foram determinados a altura, o número de folhas, o diâmetro de copa e o diâmetro do caule das plantas. A altura foi determinada, tomando como referência o caule da planta, iniciando a medida no nível do solo e terminando na última gema do ápice, com o auxílio de uma fita métrica. O número de folhas foi obtido através da contagem de todas as folhas não senescentes presentes na planta. O diâmetro da copa foi medido com o auxílio de uma fita métrica medindo o comprimento entre as folhas mais distantes do caule. O diâmetro

do caule foi obtido através da medição do caule a 2 cm acima do nível do solo, com auxílio de um paquímetro de precisão de 0,05 mm.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, aplicando-se o teste F à 5% de probabilidade. As doses de composto de lodo de esgoto foram ajustadas a modelos de regressão, testando-se os coeficientes até 10% de probabilidade pelo teste t. Para a análise de variância foi usado o “software” SAEG (SAEG, 2007), enquanto para o ajuste das

equações de regressão foi utilizado o “software” Tablecurve (JANDEL SCIENTIFIC, 1991).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os resultados da análise de variância (Tabela 3), não houve interação significativa entre as doses de composto de lodo de esgoto e as de silicato de cálcio e magnésio para as variáveis estudadas.

A falta de efeito do silicato de cálcio e magnésio em relação às características de crescimento inicial da mamoneira (Tabelas 3 e 4) pode estar relacionada ao tempo curto para maior solubilização e liberação de cálcio e magnésio, e até mesmo de silício, para a planta, no período de avaliação. Além disso, o solo apresentava teores iniciais elevados de cálcio e magnésio (Tabela 1), o que pode ter diminuído o efeito dreno-cálcio-magnésio, dificultando a solubilização

do corretivo. Deve-se considerar também que as quantidades já existentes destes elementos no solo podem ter sido suficientes para atender o requerimento das plantas no estágio inicial, sendo que, no que diz respeito ao silício, existe ainda dúvidas se ele é benéfico para outras espécies que não sejam gramíneas.

Prates (2011) observou que a cultura do pinhão manso, cultivado em solo semelhante ao utilizado nesse experimento, também não respondeu às doses de silicato de cálcio e magnésio aplicadas, assim como Caldeira Júnior et al. (2009) em plantas de gonçalo-alves (*Astronium fraxinifolium* Schott), cultivadas em Neossolo Litólico. Entretanto, Prado e Natale (2004) constataram que a aplicação de silicato de cálcio promoveu aumento na altura, no diâmetro de caule e na produção de matéria seca de mudas de maracujazeiro cultivado em Argissolo Vermelho distrófico.

Tabela 3. Resultados das análises de variâncias de altura da planta (ALT), diâmetro da copa (DCO), diâmetro do caule (DCA) e número de folhas por planta (NF) de mamoneira (*Ricinus communis* L.) adubada com doses de composto de lodo de esgoto (CL) e silicato de cálcio e magnésio (DS).

Causas de variação	G.L.	Quadrado médio ^{NS}			
		ALT (cm)	DCO (cm)	DCA (mm)	NF ¹
Bloco	2	66,5	78,86	3,04	0,0218
DS	1	66,39	65,06	2,91	0,0039
CL	3	78,10	98,03	5,50	0,0022
DS x CL	3	93,61	81,70	3,19	0,0224
Erro	14	29,62	64,77	2,42	0,0070
C.V. (%)		14,04	15,35	14,49	3,41

¹Dados transformados para \sqrt{X} .

NS – Não significativo para todas as variáveis pelo teste F até 5% de probabilidade.

Tabela 4. Altura (ALT), diâmetro de copa (DCO), diâmetro de caule (DCA) e número de folhas (NF) de mamoneira (*Ricinus communis* L.) adubada com doses de composto de lodo de esgoto e silicato de cálcio e magnésio.

Variável	Silicato de Ca e Mg (t ha ⁻¹)	Composto de lodo de esgoto (t ha ⁻¹)				Média
		0	23,81	47,82	71,43	
ALT (cm)	0	31,99	36,00	35,46	44,94	37,09a
	1	34,91	43,16	46,20	37,43	40,43a
	Média	33,45	39,58	40,83	41,19	-
DCO (cm)	0	45,29	50,27	48,88	58,75	50,80a
	1	47,92	55,59	60,37	52,47	54,09a
	Média	46,61	52,93	54,63	55,61	-
DCA (mm)	0	9,06	10,03	10,16	12,26	10,38a
	1	9,79	11,21	12,33	10,97	11,08a
	Média	9,43	10,62	11,25	11,62	-
NFT ¹	0	2,42	2,37	2,41	2,53	2,38a
	1	2,43	2,51	2,52	2,39	2,46a
	Média	2,42	2,44	2,47	2,46	-

¹Dados transformados para \sqrt{X} .

Médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem estatisticamente entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

Utilizando o teste t até 10% de probabilidade foi possível constatar efeito das doses de composto de lodo de esgoto em relação às características de crescimento da mamona, sendo que o incremento nas doses deste resíduo promoveu aumento na altura das plantas (Figura 1), que atingiram valor máximo de 41,43 cm aos 45 dias após o plantio, quando aplicado 71,43 t ha⁻¹. Esses resultados estão de acordo com o observado por Backes et al. (2009) que verificaram resposta linear da mamoneira à aplicação de até 32 t ha⁻¹ de lodo de esgoto, em casa de vegetação. Também Oliveira et al. (2009b) em dois diferentes tipos de solo (Latosolo Amarelo e Argissolo Vermelho) e para duas cultivares de mamona, verificaram maior altura de plantas em parcelas que receberam a aplicação de lodo de esgoto. O efeito positivo do lodo de esgoto sobre a altura e produção de matéria seca de outras espécies tem sido relatado por autores como Caldeira Júnior et al. (2009), os quais verificaram aumento linear na altura de gonçalo-alves (*Astronium fraxinifolium* Schott), e Nascimento et al. (2004), que, avaliando o efeito da aplicação de doses crescentes de lodo de esgoto sobre o crescimento de plantas de milho e feijão, constataram aumento na produção de matéria seca para as duas culturas. Resultado diferente foi observado por Prates (2011), o qual não constatou diferenças em alturas de plantas de pinhão manso adubadas com doses de lodo de esgoto, entretanto esse autor trabalhou com doses de até 19,2 t ha⁻¹ e com lodo não compostado, diferente do presente experimento em que foi aplicado doses de composto de lodo de até 75 t ha⁻¹.

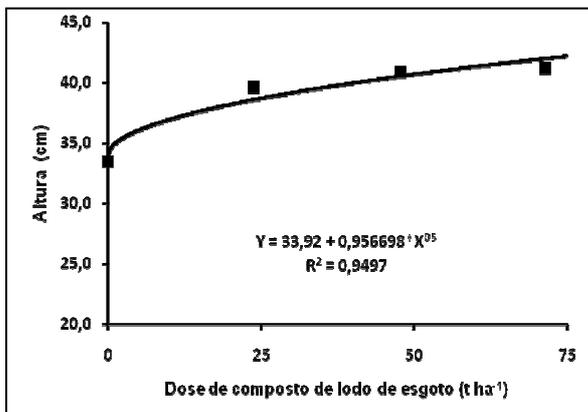


Figura 1. Altura da planta de mamoneira (*Ricinus cummunis* L.) em função das doses de composto de lodo de esgoto aplicadas. * significativo a 5% de probabilidade pelo teste t.

O diâmetro da copa das plantas de mamona também foi influenciado pela aplicação de composto de lodo de esgoto (Figura 2). O aumento das doses de composto resultou em aumento linear dessa variável que atingiu valor máximo de 55,61 mm com a maior dose aplicada. Caldeira Júnior et al. (2009) avaliaram o desenvolvimento de Gonçalo-Alves em resposta à adubação com lodo de esgoto e silicato de cálcio e constataram que o aumento nas doses de

lodo de esgoto promoveu aumentos significativos no diâmetro da copa das plantas, também Prates (2011) constatou efeito semelhante em plantas de pinhão manso.

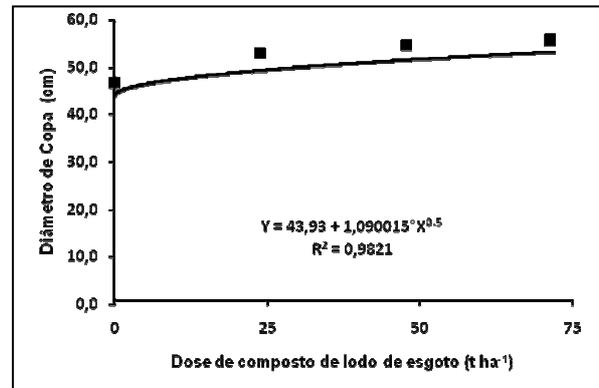


Figura 2. Diâmetro da copa de mamoneira (*Ricinus cummunis* L.) em função das doses de composto de lodo de esgoto aplicadas. °, significativo a 10% de probabilidade pelo teste t.

O diâmetro do caule aumentou com o incremento da dose de composto de lodo de esgoto (Figura 3), atingindo o diâmetro máximo de 11,62 mm com a adição de 71,43 t ha⁻¹. Segundo Carneiro (1978) o aumento do diâmetro do caule está diretamente relacionado com o aumento do sistema radicular, dessa forma, espera-se que plantas que apresentem maior diâmetro de caule tenham possibilidade de maior nutrição e maior resistência ao déficit hídrico pelo maior volume de solo explorado pelas raízes.

Segundo Guimarães et al. (2009), o diâmetro do caule é uma característica importante, uma vez que, quanto maior o seu valor, maior o vigor, a robustez e a resistência da planta. Esse mesmo autor, avaliando o crescimento inicial de pinhão manso em função de diferentes fontes e doses de adubos, observou que a quantidade mais elevada de biossólido, 340 kg ha⁻¹ de N, foi a que apresentou maior resposta para o diâmetro do caule em relação às menores doses. Neste estudo, constatou-se um efeito de 43,58% superior à testemunha (sem adubação) aos 135 dias de experimento.

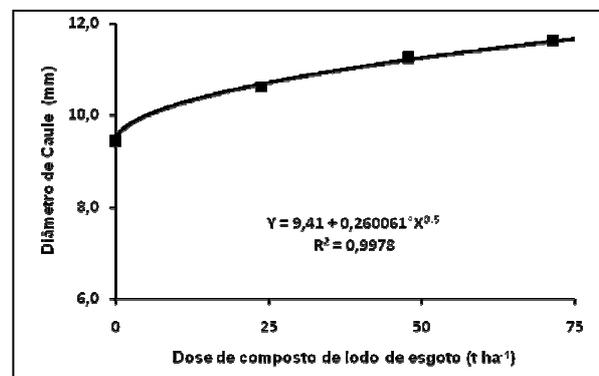


Figura 3. Diâmetro do caule da mamoneira (*Ricinus cummunis* L.) em função das doses de composto de lodo de esgoto aplicadas. °, significativo a 10% pelo teste t.

Não houve ajuste de equação de regressão para o número de folhas com as doses de lodo de esgoto aplicadas, sendo a média não transformada dessa variável de 6 folhas por planta no período inicial de seu crescimento. Pode-se atribuir tal fato ao período de crescimento da planta de somente 45 dias, não havendo ainda reflexos das mudanças ocorridas nas outras características avaliadas. Tanto que, Nascimento et al. (2006), avaliando o efeito da adubação com biossólido no crescimento e desenvolvimento da mamona, só constataram efeito positivo do lodo de esgoto para esta variável aos 150 dias após a germinação.

As melhores características de crescimento das plantas, observadas nos tratamentos que receberam maiores doses de composto de lodo de esgoto, podem ser atribuídas à melhoria das condições químicas do solo, uma vez que houve um grande aporte de nutrientes com a aplicação deste resíduo (Tabela 2). Convém destacar que, para as condições de fertilidade existentes no solo (Tabela 1), as doses de N, P e K recomendadas pela 5ª Aproximação da Recomendação de Corretivos e Fertilizantes de Minas Gerais (CFSEMG, 1999) para a adubação da mamona são: 40,00; 39,30 e 24,89 kg ha⁻¹. Neste caso, mesmo a menor dose de composto de lodo de esgoto (Tabela 2), continha os nutrientes em quantidades necessárias para suprir as necessidades das plantas. Ocorre que a mesma Comissão (CFSEMG, 1999) ressalva que, quando a fonte de adubo é orgânica, somente são liberados no primeiro ano 50 e 60%, respectivamente, das quantidades iniciais de N e P, enquanto, para o K, há liberação de 100% ainda no primeiro ano. Considerando que a avaliação do crescimento das plantas, ocorreu somente ao longo de 45 dias a partir da germinação, pode se inferir que somente a dose mais elevada possibilitou em tão breve tempo as quantidades aproximadamente necessárias de nutrientes, principalmente nitrogênio, para a planta atingir praticamente todo o seu potencial de crescimento. Destaque-se o fato de que os macronutrientes têm funções principalmente estruturais, ou seja, de composição e construção dos tecidos vegetais, de forma que as suas limitações refletem diretamente na redução das características de crescimento das plantas. Fica evidente, pelos ajustes das curvas, que doses mais elevadas poderiam elevar ainda mais o crescimento inicial das plantas, o que ratifica a idéia de que, apesar das quantidades iniciais elevadas, somente pequena parte destes nutrientes é disponibilizada para as plantas.

CONCLUSÕES

A adubação com silicato de cálcio e magnésio não influencia o crescimento inicial da mamona em solo com teor alto de cálcio e magnésio;

A adubação com composto de lodo de esgoto promove aumentos na altura da planta, diâmetro da

copa e no diâmetro do caule da mamoneira.

AGRADECIMENTOS

Os autores expressam seus maiores agradecimentos à Fundação de Amparo a Pesquisa de Minas Gerais – Fapemig pelo apoio financeiro que possibilitou a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- BACKES, C. et al. Efeito do lodo de esgoto e nitrogênio na nutrição e desenvolvimento inicial da mamoneira. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 25, n. 1, p. 90-98, 2009.
- BARBOSA, G. M. de C. et al. Efeito residual do lodo de esgoto na produtividade do milho safrinha. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, Viçosa, MG, v. 31, n. 3, p. 601-605, 2007.
- BIONDI, C. M.; NASCIMENTO, C. W. A. do. Acúmulo de nitrogênio e produção de matéria seca de plantas em solos tratados com lodo de esgoto. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 18, n. 2, p. 123-128, 2005.
- CALDEIRA JÚNIOR, C. F. et al. Características químicas do solo e crescimento de *Astronium fraxinifolium* Schott em área degradada adubada com lodo de esgoto e silicato de cálcio. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 56, n. 1, p. 213-218, 2009.
- CARNEIRO, J. G. A. Determinação da qualidade de mudas de *Pinus taeda* L. para plantio definitivo. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 8, n. 1, p. 63-68, 1978.
- CHAVES, L. H. G.; FARIAS, C. H. de A. Escória de siderurgia e calcário na correção da acidez do solo e na disponibilidade de cálcio, magnésio e fósforo. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 21, n. 5, p. 75-82, 2008.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS – CFSEMG. Mamona. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARAES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa: CFSEMG, Viçosa, 1999. p. 311.
- CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 375, de 29 de agosto de 2006**. Brasília, 2006. 32 p.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: CNPS, 1997. 212 p.

- GOMES, S. B. V. et al. Distribuição de metais pesados em plantas de milho cultivadas em Argissolo tratado com lodo de esgoto. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 6, p. 1689-1695, 2006.
- GONÇALVES, N. P. et al. Cultura da mamona. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 26, n. 229, p. 28-32, 2005.
- GUIMARÃES, A. S. et al. Fontes e doses crescentes de adubos orgânicos e mineral no crescimento inicial de pinhão manso. **Mens agitat**, Boa Vista, v. 04, n. 1, p. 17-22, 2009.
- JANDEL SCIENTIFIC. **Tablecurve**: curve fitting software. Corte Madeira, CA: Jandel Scientific, 1991. 280 p.
- KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; CAMARGO, M. S. **Silicatos de cálcio e magnésio na agricultura**. Uberlândia: UFU/ICAG, 2002. 23 p. (Boletim Técnico, 1).
- LEMAINSKI, J.; SILVA, J. E. da. Utilização do biossólido da CAESB na produção de milho no Distrito Federal. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 30, n. 4, p. 741-750, 2006.
- MARCHEZAN, E. et al. Aplicação de silício em arroz irrigado: efeito nos componentes da produção. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 20, n. 3, p. 125-131. 2004.
- MARQUES, M. O. et al. Teores de Cr, Ni, Pb e Zn em Argissolo Vermelho tratado com lodo de esgoto e cultivado com cana-de-açúcar. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v. 7, n. 1, p. 133-143, 2007.
- NASCIMENTO, C. W. A. Alterações químicas em solos e crescimento de milho e feijoeiro após aplicação de lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 21, n. 2, p. 385-392, 2004.
- NASCIMENTO, M. B. H. et al. Uso de biossólido e água residuária no crescimento e desenvolvimento da mamona. **Revista de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 10, n. 1/2, p. 1001-1007, 2006.
- NOGUEIRA, T. A. R. et al. Metais pesados e patógenos em milho e feijão caupi consorciados, adubados com lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 3, p. 331-338, 2007.
- OLIVEIRA, J. P. B. de. et al. Concentração de metais pesados em plantas de maracujá doce cultivadas em dois solos tratados com lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 6, n. 2, p. 217-223, 2009a.
- OLIVEIRA, J. P. B. de. et al. Efeito do lodo de esgoto no desenvolvimento inicial de duas cultivares de mamona em dois tipos de solos. **Revista Brasileira de Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 6, n. 2, p. 174-180, 2009b.
- PRADO, R. M.; NATALE, W. Aplicação do silicato de cálcio em Argissolo Vermelho no desenvolvimento de mudas de maracujazeiros. **Acta Scientiarum Agronomy**. Maringá, v. 26, n. 4, p. 387-393, 2004.
- PRATES, F. B. de S. et al. Crescimento e teores de macronutrientes em pinhão manso adubado com lodo de esgoto e silicato de cálcio e magnésio. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, n. 2. P. 101-112, 2011.
- SAEG. **SAEG**: sistema para análises estatísticas, versão 9.1. Viçosa: UFV, 2007.
- SILVA, J. E.; RESCK D. V. S.; SHARMA, R. D. Alternativa agrônoma para o biossólido produzido no Distrito Federal. I. Efeito na produção de milho e na adição de metais pesados em Latossolo no Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 26, n. 2, p. 487-495, 2002.
- TEDESCO, M. J. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: Departamento de Solos/UFRGS, 1995. 174 p. (Boletim Técnico, 5)