

AGRÁRIA

Revista Brasileira de Ciências Agrárias

ISSN (on line): 1981-0997; (impresso): 1981-1160

v.5, n.2, p.163-169, abr.-jun., 2010

Recife - PE, Brasil, UFRPE. www.agraria.ufrpe.br

DOI 10.5039/agraria.v5i2a489

Protocolo 489 - 06/01/2009 • Aprovado em 03/02/2010

Antônio H. C. do Nascimento¹

Ananias P. de Queiroz²

Saulo de O. Lima²

Clayton M. de Carvalho³

Hernandes de O. Feitosa¹

Aline L. de Oliveira¹

Desenvolvimento da mamoneira com diferentes níveis de calagem em um Latossolo Vermelho-Amarelo compactado

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o desenvolvimento da mamoneira em um Latossolo Vermelho-Amarelo com diferentes doses de calcário. O experimento foi instalado no Campus Universitário de Gurupi da Universidade Federal do Tocantins. O experimento se constituiu de 20 parcelas de 12 m² (4x3m). Os tratamentos se constituíram de cinco níveis de calagem (para elevação da saturação por bases do solo a 50, 60, 70 e 80%) mais a testemunha (sem calagem) e três profundidades, com um delineamento experimental em blocos casualizados. A área foi preparada com antecedência (período seco) para eliminação de plantas daninhas, e a incorporação do calcário foi realizada manualmente nas parcelas, no início de dezembro de 2005. A cultivar utilizada foi a Savana, sendo avaliados: diâmetro do caule, peso de cem sementes com casca, peso de cem sementes sem casca, produtividade, número de cachos por planta, número de frutos por cacho e comprimento do cacho. Em relação ao solo, foi avaliada a densidade do solo e a resistência à penetração. Os tratamentos com 80% e 70% foram superiores aos demais, proporcionando um maior número de cachos por planta. Concluiu-se que a mamoneira apresentou capacidade de penetração, sendo a maior produtividade observada ao nível de calagem de 80%. A densidade do solo não apresentou diferenças entre as profundidades consideradas e nem com os diferentes níveis de aplicação de calcário.

Palavras-chave: *Ricinus communis* L., produtividade, manejo de solos

Development of castor beans with different levels of lime in a compacted Oxisol

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the development of castor beans in an Oxisol with different doses of lime. The experiment was carried out in the Campus of Gurupi at Federal University of Tocantins. The experiment consisted of 20 plots of 12 m² (4x3m). The treatments involved five levels of lime (to raise the soil base saturation to levels to 50, 60, 70 and 80%) plus the control (no lime) and three depths in a randomized block design. The area was prepared in advance (dry season) for weed removal and the incorporation of lime was performed manually in early December 2005. The Savanna cultivar was used and the following parameters were evaluated: stem diameter, weight of one hundred seeds in shell, weight of one hundred seeds without shell, productivity, number of bunches per plant, number of fruits per bunch, and bunch length. Furthermore, soil density and soil resistance to penetration were also measured. The treatments 80% and 70% showed better results than the others, producing a greater number of bunches per plant. It was concluded that castor beans showed good penetration capacity, with higher productivity at the treatment with 80% base saturation. No differences were observed in the bulk density with depth and within treatments.

Key words: *Ricinus communis* L., productivity, soil management

¹ Universidade Federal do Ceará, Av. Bezerra de Menezes, Campus Do Pici, CEP 60821-470, Fortaleza-CE, Brasil. Fone: (85) 3278-4130. E-mail: tonyagronomia@gmail.com; hernandes.oliveira@gmail.com; alineboaluz@hotmail.com

² Universidade Federal de Tocantins, Campus Universitário de Gurupi, Curso de Engenharia Agrônômica, Rua Badejós, chácaras 69 a72, Zona Rural, CEP 77402-970, Gurupi-TO, Brasil. Caixa-Postal: 66. Fone: (63) 312-3588 Ramal 32. Fax: (63) 312-3588. E-mail: ananiaspeixe@hotmail.com; saulolima@uft.edu.br

³ Instituto Centro de Ensino Tecnológico, Faculdade de Tecnologia CENTEC Sobral, Avenida Doutor Guarany, 317, Cidao, CEP 62040-730, Sobral-CE, Brasil. Fone: (88) 3677-2525. Fax: (88) 3677-2526. E-mail: Sobral_carvalho_cmc@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

A resistência do solo à penetração está relacionada com a textura, com a compactação e com a umidade do solo. A compactação do solo pode ser uma das causas de insucesso no cultivo das plantas econômicas. O sistema convencional de manejo do solo tem causado desagregação excessiva da camada arável, encrostamento superficial e formação de camadas compactadas (Beltrão et al., 2006)

O uso inadequado e contínuo de implementos agrícolas, trabalhando o solo em condições de umidade acima das recomendadas para operações de preparo e tráfego de máquinas, tem provocado a formação de camadas compactadas logo abaixo da superfície, conhecidas como “pé de arado” ou “pé de grade”. São camadas de solo endurecido e impermeável que se situam normalmente entre 5 e 30 cm de profundidade, com espessura entre 5 e 15 cm.

O manejo inadequado pode tornar-se limitante do aumento da produtividade de cultivos de plantas, causando mudanças indesejáveis em importantes propriedades do solo, como aeração, disponibilidade de água, as quais agem simultaneamente sobre o desenvolvimento da planta fazendo com que as raízes se desenvolvam apenas superficialmente (Vale et al., 2004). A compactação do solo diminui o volume de solo explorado pelas raízes, podendo assim, reduzir a absorção de P e K, especialmente em solos com baixos níveis desses nutrientes (Costa et al., 2006).

Características como maior resistência ao estresse hídrico e sistema radicular com maior poder de penetração são características desejáveis nas plantas para tornar os efeitos da compactação menos severos (Hakansson et al., 1988; Larson et al., 1994). Manter tanto quanto possível uma cobertura protetora do solo, principalmente com matéria orgânica, utilizando-se, inclusive plantas com sistema radicular abundante e agressivo, capazes de vencer a resistência imposta pelo solo, são práticas indispensáveis.

A cultura da mamona apresenta sistema radicular pivotante e bastante agressivo, podendo atingir profundidades superiores a três metros (Popova & Moshkin, 1986), além de se desenvolver e produzir bem em vários tipos de solos, podendo ter desempenho produtivo bastante significativo. Vários fatores, porém, influenciam a produtividade agrícola desta cultura, entre eles: a seleção de materiais bem adaptados a determinadas condições edafoclimáticas, fornecimento adequado de nutrientes, correção da acidez do solo e controle de plantas daninhas e pragas.

A mamoneira é exigente em fertilidade, devendo ser cultivada em solos com fertilidade média a alta, porém, solos com fertilidade muito elevada favorecem o crescimento vegetativo excessivo prolongando o ciclo e expandindo, consideravelmente, o período de floração. Tanto solos ácidos como alcalinos tem efeito negativo no crescimento e desenvolvimento das plantas. A cultura prefere solos com pH entre 5 e 6,5, produzindo em solos com pH até 8,0 (Amaral & Silva, 2006).

A calagem é uma prática agrícola recomendada para adicionar cálcio e magnésio e elevar o pH do solo, com isso, liberando nutrientes e fixando alumínio e manganês tóxicos (Ka-

minski, 2000). Para a mamoneira tem-se recomendado solos com saturação por bases próxima a 60% e, segundo Amorim Neto et al. (2001), tanto os solos de reações ácidas quanto os alcalinos devem ser evitados, sendo preferível cultivá-la em terrenos de reação próxima à neutralidade, com pH entre 6,0 a 7,0. Na maioria dos estados brasileiros a dose de corretivo a ser aplicada tem sido estimada pelo método de neutralização da acidez trocável e da elevação dos teores de cálcio e magnésio (Souza et al., 1997) ou pelo método de saturação por bases (Raij et al., 1996).

Como a cultura da mamona apresenta uma adaptação favorável a diferentes tipos de solo, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o comportamento da mamoneira em um Latossolo Vermelho Amarelo compactado, com diferentes doses de calcário.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado no Campus Universitário de Gurupi da Universidade Federal do Tocantins, a 11°43' de latitude Sul e 49°04' de longitude Oeste, localizado a 280 metros de altitude, sobre solo classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico. A análise química de amostras superficiais coletadas revelou os seguintes valores médios: pH = 4,7; 0,0 cmol_c dm⁻³ de Al; 2,7 cmol_c dm⁻³ de Ca+Mg; 2,1 mg dm⁻³ de P; 91,0 mg dm⁻³ de K; 7,43 cmol_c dm⁻³ de CTC; 35,0 g dm⁻³ de M.O.; e 39,43% de saturação por bases. O solo apresenta textura franco-argilo-arenosa, com teores de argila de 32,5%, areia de 56,5 e silte de 11,0%. A precipitação pluviométrica média anual da região é de 1800 mm. A densidade do solo no início do experimento foi de 1,70, 1,69 e 1,70 g cm⁻³, nas camadas de 0-10, 10-20 e 20-30, respectivamente.

O experimento constou de 20 parcelas de 12 m² (4x3m). Os tratamentos foram cinco níveis de calagem (para elevação da saturação por bases do solo a 50, 60, 70 e 80%) mais a testemunha (sem calagem), três profundidades, num delineamento experimental em blocos casualizados.

A área foi preparada com antecedência (período seco) para eliminação de plantas daninhas, e a incorporação do calcário foi realizada manualmente nas parcelas, no início de dezembro de 2005. Após a calagem e antes do plantio, que foi realizado em 03 de fevereiro de 2006, procedeu-se a compactação da área com a realização de várias passadas do trator pela área experimental, inicialmente com a grade aradora acoplada e posteriormente apenas o trator.

Foi utilizada a variedade Savana, de porte anão, com profundidade efetiva do seu sistema radicular de 0,30 m, plantada manualmente, no espaçamento de 1,0 x 0,5m em sulcos abertos com sulcador. A escolha do espaçamento foi determinada pela baixa fertilidade do solo e pelo porte da variedade (Azevedo, 2003).

A adubação de plantio foi de 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 30 kg ha⁻¹ de K₂O em todas as parcelas, de acordo com os resultados da análise química do solo. A adubação nitrogenada foi de 40 kg ha⁻¹ de N aos 45 dias do plantio.

Foram realizadas medições da resistência a penetração utilizando-se um penetrógrafo. A densidade aparente foi de-

terminada pelo método do cilindro, segundo Embrapa (1997). No laboratório os cilindros foram colocados numa bandeja com água para que as amostras ficassem saturadas e, em seguida, secos em estufa a 105°C por 48 horas. Após este período os cilindros da estufa foram pesados em conjunto com o solo e sem o solo (tara), anotados o peso seco e a tara dos cilindros. O cálculo do volume interno do cilindro em cm³ foi determinado pela Equação 1:

$$v = (\pi \cdot r^2)h \quad (1)$$

onde: v é o volume do cilindro; r é o raio da circunferência do cilindro e h é a altura do cilindro.

O cálculo da Densidade do Solo (D_s) em g cm⁻³, foi efetuada de acordo com a Equação 2:

$$D_s = \frac{(ps - tc)}{v} \quad (2)$$

onde: D_s é a densidade do solo; ps é o peso seco; tc é a tara do cilindro e v é o volume do cilindro.

A resistência a penetração foi determinada no campo utilizando o penetrógrafo para solos até 40 cm de profundidade. Durante as coletas foram coletadas amostras de solo com o trado de rosca nas profundidades avaliadas, para determinação da umidade atual do solo pela Equação 3:

$$U(\%) = \frac{(MU - MS)}{MS} \quad (3)$$

onde: U é a umidade gravimétrica do solo; MU é a massa do solo úmido; MS é a massa do solo seco.

Após a emergência das sementes, foi feito um acompanhamento a cada quinze dias do crescimento da mamona em relação à altura e área foliar por planta de acordo com o método de Wendt (1967), Equação (4):

$$S = 0,1515(C + L)^2 \quad (4)$$

onde: S é a área; C é o comprimento da nervura principal e L é a largura da folha.

No desenvolvimento da mamoneira foram avaliados os seguintes parâmetros: diâmetro do caule (DC); peso de cem sementes com casca (PSCC); peso de cem sementes sem casca (PSSC); produtividade, número de cachos por planta (NCPP); número de frutos por cacho (NFPC) e o comprimento do cacho (CC), cujos resultados encontram-se na Tabela 1.

A determinação de produção de bagas ha⁻¹ foi feita quando dois terços das mesmas estavam maduras.

A circunferência do caule foi medida no final do ciclo em todas as plantas da parcela obtendo-se o perímetro do caule, usando a fórmula do cálculo do perímetro de um círculo (Equação 5):

$$P = r \cdot D \quad (5)$$

onde: P é o perímetro; r é o raio e D é o diâmetro.

Tabela 1. Efeito do nível de calagem na produção da mamoneira, avaliada por diversos parâmetros

Table 1. Effect of lime levels in the production of castor beans, evaluated by various parameters

Variáveis Avaliadas	Tratamentos				
	TEST.	50%	60%	70%	80%
DC (cm)	5,57 A	6,05 A	5,64 A	5,80 A	5,67 A
PSCC (g)	55,72 A	61,97 A	58,20 A	53,92 A	52,37 A
PSSC (g)	36,85 A	41,52 A	39,27 A	37,30 A	37,17 A
Produtividade (kg ha ⁻¹)	236,66 C	520,83 B	604,16 AB	679,16 AB	800,00 A
NCPP	3,08 C	5,87 AB	4,50 BC	6,58 A	6,58 A
NFPC	12,65 A	14,65 A	16,85 A	25,35 A	36,70 A
CC (cm)	28,90 AB	32,70 AB	25,30 B	32,70 AB	37,70 A

DC – diâmetro do caule; PSCC – peso de 100 sementes com casca; PSSC – peso de 100 sementes sem casca; NCPP – número de cachos por planta; NFPC – número de frutos por cacho; CC – comprimento do cacho

O potencial produtivo, ou seja, a estimativa em Kg ha⁻¹ foi decorrente do cálculo da produtividade da parcela. O rendimento em sementes, onde, a percentagem do peso das sementes em relação ao peso total dos frutos foi obtida pesando-se os frutos antes do beneficiamento e, em seguida, pesou-se as sementes (sem casca) calculando-se o rendimento da semente e classificando-as como: baixo (< 60%), médio (60% a 70%) e alto (>70 %).

Os dados foram submetidos à análise de variância e teste de Tukey para comparação de médias a 5% de probabilidade. Os procedimentos estatísticos foram desenvolvidos utilizando-se o sistema Sisvar.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com relação aos resultados de resistência à penetração, as Figuras 1 e 2, mostram o estado inicial da área antes do plantio da mamoneira e os valores de resistência à penetração em cada tratamento, respectivamente.

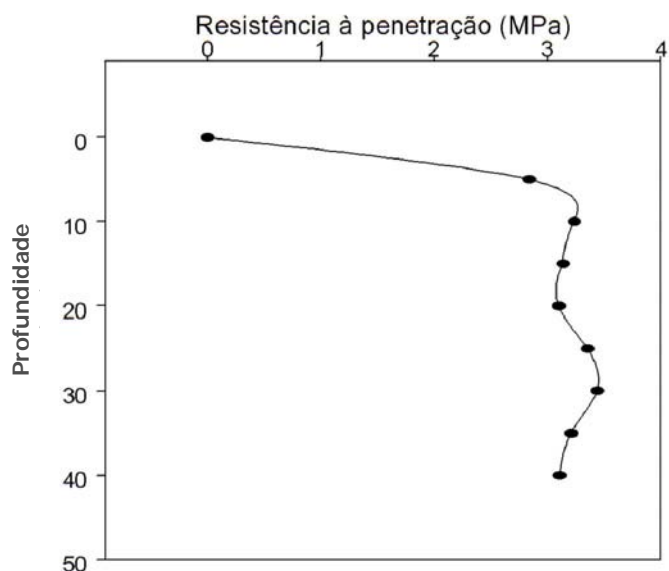


Figura 1. Resistência à penetração em um Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico antes do plantio da mamoneira

Figure 1. Penetration resistance in an Oxisolc before planting of castor beans

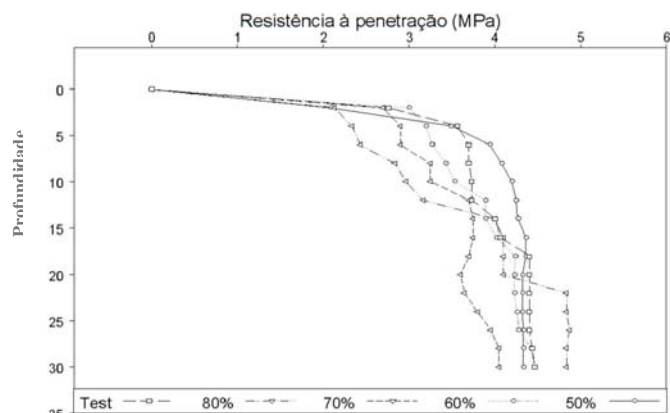


Figura 2. Resistência à penetração em um Latossolo Vermelho-Amarelo Ditrófico cultivado com a mamoneira em função de diferentes níveis de calagem

Figure 2. Penetration resistance in an Oxisolc cultivated with castor beans with different levels of lime

Antes da implantação do experimento e após a compactação da área, observa-se na Figura 1 que os valores de resistência do solo à penetração nos primeiros 5 cm, estiveram na faixa de 2,84 MPa e a partir dos 10 cm e até os 40 cm de profundidade ocorreu um aumento dessa resistência que ficou entre 3,1 e 3,4 MPa. Segundo Canarache (1990), valores de resistência do solo à penetração acima de 2,5 MPa, começam a prejudicar o crescimento das plantas.

Na Figura 2 estão apresentados os valores de resistência do solo à penetração em função dos tratamentos aplicados (doses de calcário para elevação da saturação por bases do solo: 50%, 60%, 70% e 80%). Foi considerada a profundidade de 30 cm, onde 70% do sistema radicular da mamona está concentrado. Portanto, houve uma tendência de aumento da resistência do solo à penetração com a profundidade, sendo que nas profundidades de 5 cm a 20 cm o valor de resistência foi maior no tratamento 80% e, a partir de 20 cm o tratamento 50% apresentou maior valor próximo a 5,0 MPa.

Na profundidade de 5 a 20 cm, onde o efeito do preparo do solo é mais pronunciado em função do implemento utilizado (grade aradora), o tratamento 50% foi o que apresentou maior valor de resistência, variando de 3,4 a 4,36 MPa, porém na camada de 20 a 30 cm os valores ficaram próximos a 5 MPa. Os tratamentos que apresentaram menores valores foram, respectivamente, de 80%, 70% e 60%, nas profundidades de 5 a 20 cm. A calagem pode ter influenciado indiretamente na redução da resistência do solo à penetração, pois a correção do pH e a elevação da saturação por bases, principalmente no fornecimento do cálcio para o solo, proporciona melhores condições para o desenvolvimento radicular da mamoneira.

A curva proporcionada pela testemunha (sem calagem) foi semelhante à avaliação inicial da área, antes da calagem e do plantio da mamoneira.

O aumento da resistência do solo à penetração no final do ciclo da mamona, comparando os valores das Figuras 1 e 2, pode ter sido em função da época das amostragens. A primeira amostragem (Figura 1) foi realizada em fevereiro, quando ainda havia chuvas e a segunda (Figura 2) foi em junho, quan-

do a umidade do solo (4,91%) estava menor em relação à primeira amostragem (60% de umidade). Segundo Pedrotti et al. (2001), maiores teores de umidade no solo no momento da avaliação contribuem para redução dos valores de resistência à penetração.

Apesar da ocorrência de camada compactada entre 20 e 30 cm, as plantas apresentaram um bom desenvolvimento vegetativo, na maioria dos casos.

Observa-se na Figura 3 o efeito dos níveis de calagem em relação à altura das plantas e em relação aos dias após o plantio (DAP). Nota-se que as plantas apresentaram um aumento linear na altura referente às avaliações ocorrida aos 15 DAP até os 120 DAP. Não se observou efeito significativo dos tratamentos de níveis de calagem em relação à altura de plantas, mas é possível verificar que a calagem favoreceu o crescimento das plantas em altura.

Na Figura 4, foram quantificados os valores de área foliar da mamoneira em função dos tratamentos aplicados e em relação aos dias após a emergência. Observou-se que ocorreu um aumento linear da área foliar com o tempo, em todos os tratamentos. O tratamento 80% foi o que proporcionou maior área foliar à mamoneira, seguido do tratamento 70%. O tratamento 50% apresentou maior área foliar em relação ao tratamento 60%, porém, sem inferência estatística.

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 1, não se observou diferença significativa dos níveis de calagem em relação aos parâmetros DC, PSCC e PSSC. Em relação à produtividade, o tratamento com a dose de calcário para elevar a saturação por bases a 80% foi o que proporcionou o maior rendimento em relação aos demais. Os tratamentos 70% e 50% foram semelhantes entre si em relação a esse parâmetro, e foram maiores que o tratamento 60%. Todos os tratamentos aplicados foram estatisticamente superiores à testemunha, demonstrando que a calagem é essencial para o desenvolvimento da mamoneira. Cabe ressaltar que a produtividade da mamoneira, foi baixa devido ao ataque do fungo *Botryotinia ricini* (Goldf.) wet, ocorrido durante a formação dos cachos das plantas, e responsável pelo aparecimento da doença mofo cinzento na área experimental.

O NCPP foi afetado significativamente pela calagem. Os tratamentos 80% e 70% foram superiores aos demais, proporcionando um maior número de cachos por planta. Em relação ao NFPC não houve diferença estatística significativa entre os tratamentos utilizados. Em relação ao CC, o tratamento 80% foi o que propiciou maior comprimento de cachos às plantas, diferindo estatisticamente dos demais tratamentos.

Segundo Silva (1999), vários experimentos de longa duração com a cultura do algodão demonstraram que a calagem promoveu aumentos expressivos na produtividade desta cultura e os melhores desempenhos ocorreram quando a saturação por bases foi elevada a 60%, mesmo em solos com baixos teores iniciais de Al^{+3} trocável.

Resultados encontrados por Silva et al. (1995) demonstraram que as maiores produtividades da cv. IAC 20 somente foram observadas quando a camada de 0 a 20 cm de profundidade do solo apresentava aproximadamente 60% de saturação por bases. Além disso, a correção subsuperficial, ou seja, a elevação da saturação por bases a aproximadamente 40%

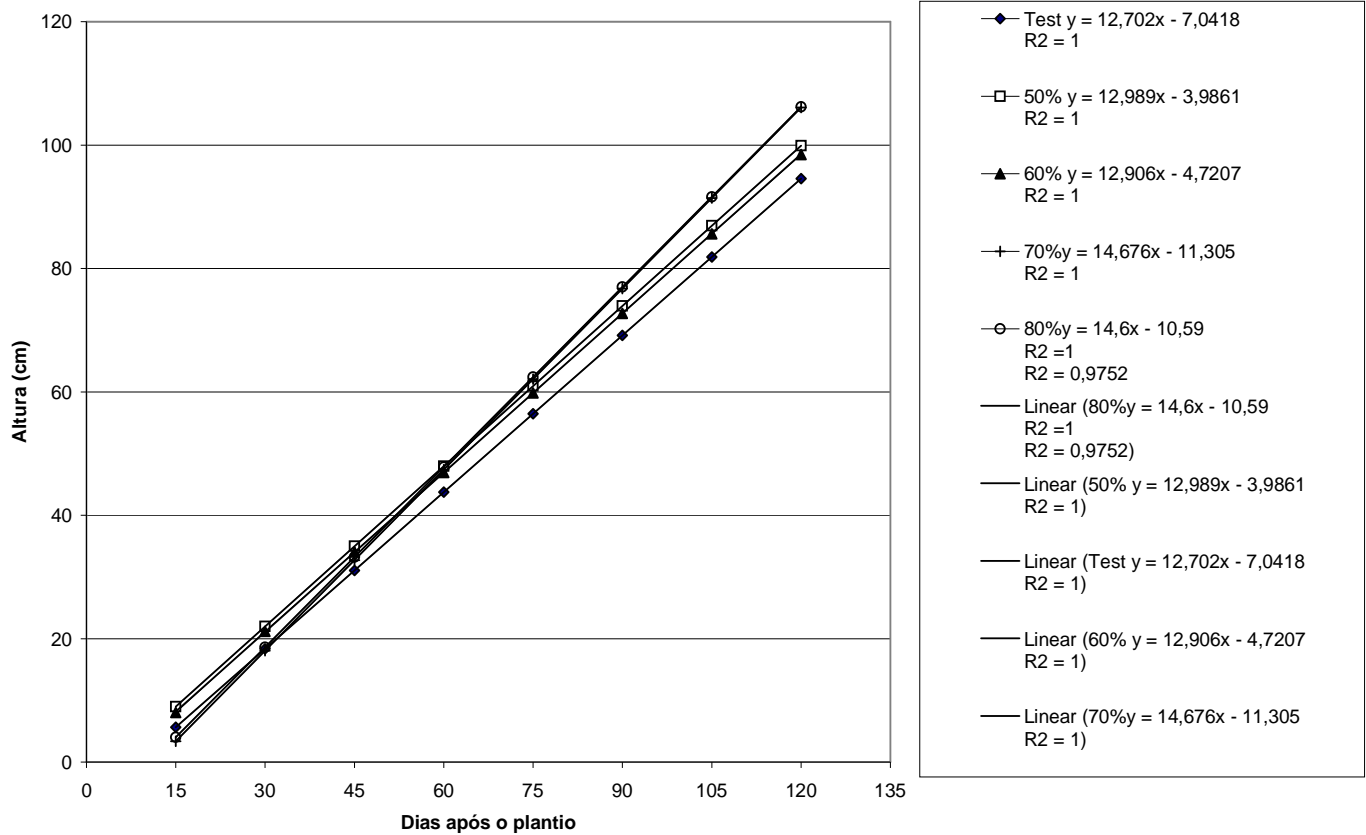


Figura 3. Altura de plantas de mamoneira em função dos dias após o plantio e dos níveis de calagem aplicados no solo

Figure 3. Height of castor bean plants in relation to the days after planting and levels to the levels of lime applied to the soil

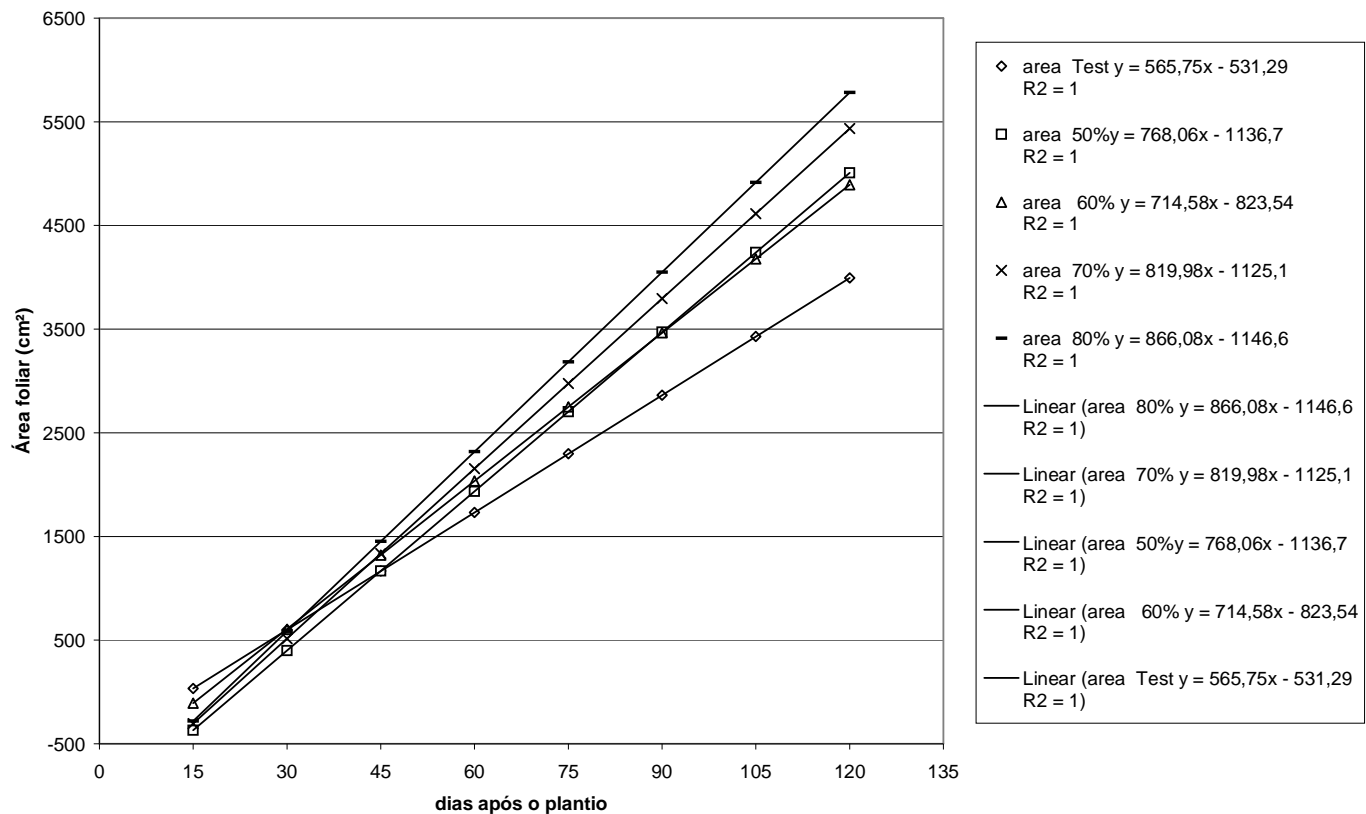


Figura 4. Área foliar da mamoneira em função dos dias após o plantio e dos níveis de calagem aplicados no solo

Figure 4. Leaf area of castor beans in relation to the number of days after planting and levels of lime applied to the soil

até 60 cm de profundidade, concorreu para a boa produção do algodoeiro.

Por outro lado, Rosolem et al. (1998) observaram que o aumento da saturação por bases até 52% foi efetivo em prevenir o decréscimo de crescimento radicular do algodão causado pela compactação do solo. Entretanto, quando foi efetuada a calagem para elevar a saturação por bases a 66,7%, foi observado decréscimo no crescimento radicular do algodoeiro IAC 20, sendo tal efeito atribuído a uma possível deficiência de Zn induzida pela calagem.

Na Tabela 2, verifica-se que não houve diferença significativa na densidade do solo tanto nas profundidades como nos níveis de calagem. Porém, o tratamento 80% do nível de calagem apresentou menor média de densidade do solo. Bortoluzzi et al. (2008), encontraram resultados semelhantes em diferentes doses e formas de aplicação em um Argissolo nas camadas de 0-5 cm e de 5-10 cm. Os resultados obtidos neste estudo discordam daqueles de Griève et al. (2005) que verificaram um incremento na porosidade do solo e, conseqüentemente, uma diminuição da densidade do solo com a calagem. Isso é explicado, provavelmente, pelo pequeno intervalo de tempo decorrido entre a aplicação do corretivo e as avaliações realizadas.

Tabela 2. Valores de densidade do solo ($g\ cm^{-3}$) em três profundidades de acordo com os níveis de calagem

Table 2. Values of bulk density ($g\ cm^{-3}$) at three depths according to the levels of lime

Tratamentos	Densidade Solo ($g\ cm^{-3}$)			Médias
	Profundidade (cm)			
	0-10	10-20	20-30	
50%	1,618	1,623	1,555	1,598 a
60%	1,544	1,580	1,562	1,562 a
70%	1,611	1,593	1,573	1,592 a
80%	1,585	1,540	1,548	1,557 a
Test.	1,589	1,557	1,637	1,594 a
Médias	1,589 a	1,578 a	1,574 a	

Médias seguidas de mesma letra não apresentam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV = 5,06%

CONCLUSÕES

De acordo com as características locais, conclui-se que a mamoneira apresentou capacidade de penetração, sendo a maior produtividade obtida com o nível de calagem de 80%.

A densidade do solo não variou em profundidade e nem com os diferentes níveis de calagem. Os dados também demonstraram que a calagem é essencial para o desenvolvimento da mamoneira.

LITERATURA CITADA

- Amaral, J. A. B.; Silva, M. T. Zoneamento de riscos climáticos da cultura da mamoneira no Estado do Maranhão, referente ao ano safra de 2006/2007. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006. 8p. (Embrapa Algodão. Comunicado Técnico, 291).
- Amorim Neto, M. S.; Araújo, A. E.; Beltrão, N. E. M. Clima e solo. In: Azevedo, D. M. P.; Lima, E. F. (Eds.). O Agronegócio da mamona no Brasil. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2001. p.63-88.
- Azevedo, D. M. P. Sistema de cultivo e espaçamento. <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mamona/CultivodaMamona/sistemacultivoespaçamento.htm>. 12 Out. 2009.
- Beltrão, N. E. de M.; Costa, F. X.; Severino L. S.; Lima, V. L. A. de; Soares, F. A. L.; Freire, M. A. de O.; Lucena, A. M. A. de; Guimarães, M. M. B.; Madeiros, L. B. Macronutrientes na folha da mamoneira em solo com diferentes densidades global e adubado com torta de mamona. In: Congresso Brasileiro de Mamona, 2., 2006, Aracajú. Anais. Aracajú: Embrapa, 2006. Cd Rom.
- Bortoluzzi, E. C.; Garbozza, L.; Guareschi, C.; Rheinheimer, D. dos S. Efeito da calagem na relação entre solo e água. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.32, n.especial, p.2621-2628, 2008.
- Canarache, A. Penetr: a generalized semi-empirical model estimating soil resistance to penetration. Soil Tillage Research, v.16, n.1-2, p.51-70, 1990.
- Costa, F. X.; Beltrão, N. E. de M.; Severino L. S.; Ferreira, G. B.; Soares, F. A. L.; Araújo, J. B. de; Farias, D. R. de; Oliveira, E. M. de. Cultivo da mamoneira em solo artificialmente compactado adubado com torta de mamona. In: Congresso Brasileiro de Mamona, 2., 2006, Aracajú. Anais. Aracajú: Embrapa, 2006. Cd Rom.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa. Serviço Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 1997. 212 p.
- Grieve, I.C.; Davidson, D.A.; Bruneau, P.M.C. Effects of liming on void space and aggregation in an upland grassland soil. Geoderma, v.125, n.1-2, p.39-48, 2005.
- Hakansson, I.; Voorhees, W. B.; Riley, H. Vehicle and wheel factors influencing soil compaction and crop response in different traffic regimes. Soil Tillage Research, Amsterdam, v.11, n.3-4, p.239-282, 1988.
- Larson, W. E.; Eynard, A.; Hadas, A.; Lipek, J. Control and avoidance of soil compaction in practice. In: Soane, B. D.; Ouwerkerk, C. (Eds.). Soil compaction in crop production, Amsterdam: Elsevier Science B. V., 1994. p.597-625.
- Pedrotti, A.; Pauletto, E. A.; Crestana, S.; Ferreira, M.M.; Dias, M.S.; Gomes, A.S.; Turatti, A.L. Resistência mecânica à penetração de um planossolo submetido a diferentes sistemas de cultivo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.25, n.3, p.521-529. 2001.
- Popova, G. M.; Moshkin, V. A. Botanical classification. In: Moshkin, V. A., (Ed.). Castor. NewDelhi: Amerind, 1986. p.11-27.
- Raj, B.; Cantarella, H.; Quaggio, J. A.; Furlani, A. M. C. (Eds.). Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas - IAC, 1996. 255p. (Boletim Técnico, 100)
- Rosolem, C.A.; Schiochet, M.A.; Sousa, L.S.; Witacker, J.P.T. Root growth and cotton nutrition as affected by liming and soil compaction. Communications in Soil Science and Plant Analysis, v.29, n.1-2, p.169-177, 1998.

- Silva, N.M. Nutrição mineral e adubação do algodoeiro no Brasil. In: Cia, E.; Freire, E.C. & Santos, W.J. (Eds.) Cultura do algodoeiro. Piracicaba: Potafos, 1999. p.57-89.
- Silva, N.M.; Carvalho, L.H.; Quaggio, J.A. Ensaio de longa duração com calcário e cloreto de potássio na cultura do algodoeiro. *Bragantia*, v.54, n.2, p.353-360, 1995.
- Souza, D. M. G.; Miranda, L. N.; Lobato, E. Avaliação dos métodos de determinação da necessidade de calagem em solos do cerrado. Planaltina: Embrapa-CPAC, 1997. 14p. (Circular Técnica n. 27).
- Vale, L. S. do; Costa, J. V. T. da; Lima, R. de L. S. de; Silva, M. I. de L.; Severino, L. V.; Beltrão, N. E. de M.; Cardoso, G. D. Crescimento da mamoneira em solo compactado. In: Congresso Brasileiro de Mamona, 1., 2004, Campina Grande. Anais. Campina Grande: Embrapa, 2004. Cd Rom.
- Wendt, C.W. Use of a relationship between leaf length and leaf area to estimate the leaf area of cotton (*Gossypium hirsutum* L.), castor (*Ricinus communis* L.) and sorghum (*Sorghum bicolor* L.). *Agronomy Journal*, v.59, n.5, p.484-486, 1967.