

## CAPACIDADE DA CINZA DE MADEIRA E DO ESTERCO BOVINO PARA NEUTRALIZAR O ALUMÍNIO TROCÁVEL E PROMOVER O CRESCIMENTO DA MAMONEIRA

ROSIANE DE LOURDES SILVA DE LIMA<sup>1</sup>, LIV SOARES SEVERINO<sup>2</sup>, ROBSON CÉSAR ALBUQUERQUE<sup>2</sup>, GILVAN BARBOSA FERREIRA<sup>4</sup>, LÍGIA RODRIGUES SAMPAIO<sup>2</sup> e NAPOLEÃO ESBERAD DE MACÊDO BELTRÃO<sup>2</sup>

**RESUMO:** A neutralização do alumínio trocável do solo comumente é realizada através da calagem, no entanto, resíduos tais como cinza de madeira, esterco de animais e restos culturais também podem ser utilizados para amenizar o efeito tóxico do alumínio. Este estudo objetivou avaliar a capacidade da cinza de madeira e do esterco bovino como neutralizadores do alumínio trocável do solo e como promotores do crescimento da mamoneira através da melhoria de atributos do solo. Os tratamentos consistiram na adição de 2 materiais (cinza de madeira e esterco bovino) em 5 doses (0, 2, 4, 6 e 8 t ha<sup>-1</sup>). Em todos os tratamentos, 3 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Al<sup>3+</sup> foram previamente adicionados ao solo. A adição de cinza de madeira ou esterco bovino reduziu o teor de Al<sup>3+</sup> e elevou o pH e os teores de P, Ca e Mg, sendo a cinza de madeira mais eficiente que o esterco bovino em elevar o pH e neutralizar o Al, possivelmente pela existência na cinza de óxidos reativos desses nutrientes (CaO, MgO, K<sub>2</sub>O, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) que neutralizam a acidez do solo. Sem adição de cinza ou esterco, o solo apresentou pH 4,7 e para atingir a neutralidade (pH 7,0) estimou-se ser necessário a aplicação de 2,3 t ha<sup>-1</sup> de cinza de madeira ou de 5,7 t ha<sup>-1</sup> de esterco bovino. Ambos os materiais avaliados foram capazes de promover o crescimento das plantas de mamona, mas o esterco bovino foi mais eficiente.

Termos para indexação: *Ricinus communis*, acidez, resíduos orgânicos

### NEUTRALIZATION OF EXCHANGEABLE ALUMINUM BY WOOD ASH AND BOVINE MANURE AND THE EFFECT ON CASTOR PLANTS GROWTH

**ABSTRACT:** Aluminum exchangeable neutralization in soil is usually made by liming, however, waste material like wood ash manure and crop residues can also be applied as soil amendments for acidity control. This study had as objective to measure the ability of wood ash and bovine manure to neutralize exchangeable aluminum on soil and to promote the growth of castor plants. Treatments were a factorial distribution of 2 materials (wood ash and bovine manure) at five doses (0, 2, 4, 6 e 8 t ha<sup>-1</sup>). In all treatments, 3 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> of Al<sup>3+</sup> were previously added to the soil. Addition of wood ash and bovine manure decreased Al<sup>3+</sup> content and increased pH and P, Ca and Mg contents. Wood ash was more efficient than bovine manure to increase pH and neutralize Al<sup>3+</sup>. Without addition of wood ash or bovine manure, soil pH was 4,7 and in order to achieve soil neutrality (pH 7,0) a dose of 2,3 t ha<sup>-1</sup> of wood ash or 5,7 t ha<sup>-1</sup> of bovine manure were required. Both materials were able to promote castor plant growth, but bovine manure was more efficient.

Index terms: *Ricinus communis*, acidity, organic residues

<sup>1</sup>Engenheira Agrônoma, Pesquisadora DCR pela Fapesq - CNPq. Rua Osvaldo Cruz, 1123, Centenário, CEP: 58107-720. Campina Grande, PB. limarosiane@yahoo.com.br

<sup>2</sup>Embrapa Algodão, liv@cnpa.embrapa.br,

napoleao@cnpa.embrapa.br, ralbuquerque\_cg@yahoo.com.br, liggiasampaio@yahoo.com.br

<sup>3</sup>Embrapa Roraima, gilvan@cpafrr.embrapa.br

## INTRODUÇÃO

A mamoneira é uma planta sensível à presença de alumínio em solos ácidos (LIMA et al., 2007), condição que pode reduzir seu crescimento e sua produtividade. Segundo Marschner (1988), a ação tóxica do alumínio ocorre principalmente nas raízes, as quais se tornam mais curtas e grossas em razão da inibição do crescimento. Com o agravamento da acidez, a penetração das raízes é limitada, fazendo com que o sistema radicular se torne raso e explore pequeno volume de solo. Nessas condições, a planta tem reduzida sua capacidade de absorver água e nutrientes do solo.

A adição de matéria orgânica a solos ácidos pode amenizar a fitotoxicidade provocada pelo excesso de alumínio trocável no solo e aumentar a produtividade das culturas (MOKOLOBATE; HAYNES, 2003). Lima et al. (2007), avaliando o crescimento inicial de plantas de mamoneira em solo com alto teor de alumínio trocável, observaram que a adição de matéria orgânica, na forma de esterco bovino, reduziu os efeitos fitotóxicos do alumínio permitindo bom crescimento às plantas.

A acidez dos solos é um dos principais fatores que limitam a produtividade das culturas, principalmente quando eles são intensamente intemperizados e lixiviados. A acidez do solo é caracterizada pelos níveis elevados de  $Al^{3+}$  e pelos baixos níveis de Ca e P, haja vista que o P pode ser fortemente adsorvido na superfície de óxidos de Fe ou Al ou precipitado pela elevada quantidade de Al solúvel na solução do solo (HUE; LICUNIDE, 1999).

Convencionalmente, a neutralização da acidez do solo é feita com aplicação de calcário, o qual eleva o pH, precipita o  $Al^{3+}$  e fornece Ca e Mg para as plantas (MOKOLOBATE; HAYNES, 2003), porém, alguns resultados de pesquisa têm demonstrado que a adição de cinzas, de resíduos vegetais e de esterco de animais também pode propiciar a redução do Al tóxico e favorecer o crescimento das culturas (NKANA et al., 2002; MATERECHERA; MKHABELA, 2002).

Moyin-Jesu (2007) demonstrou que a adição repetida de 6 t/ha de cinza de madeira a um solo exaurido por dez anos consecutivos de cultivo possibilitou aumento significativo da produtividade de quiabo e melhoria de atributos químicos e físicos do solo, como: densidade, teores de matéria orgânica, N, P, K, Ca, Mg e elevação do pH.

Diversos resultados confirmam que os resíduos orgânicos e particularmente os produtos de sua decomposição, estão envolvidos no aumento do pH e ou na complexação do Al fitotóxico, propiciando a melhoria na fertilidade de solos ácidos (AMARAL et al., 2000). Diferentes mecanismos têm sido propostos para explicar o aumento do pH do solo após a adição de resíduos orgânicos, entre os quais: a adsorção de prótons ( $H^+$ ) por grupos funcionais associados com o material orgânico, descarboxilação de ácidos e ânions orgânicos durante a decomposição da matéria orgânica, adsorção do alumínio por moléculas orgânicas promovidas por ligantes trocáveis com a liberação de íons OH e ainda a liberação de íons OH durante as reações de redução associada à respiração anaeróbica de microorganismos (HUE, 1992; MOKOLOBATE; HAYNES, 2003).

De acordo com Amaral et al. (2000), a aplicação de matéria orgânica favorece a redução do  $Al^{3+}$  do solo devido à atuação dos processos químicos e de complexação deste elemento tóxico por ligantes orgânicos e de hidrólise, em razão do aumento do pH do solo. Durante a decomposição da matéria orgânica, o alumínio é complexado na solução do solo por ácidos fúlvicos (ANGHINONI; SALET, 2000) ou por ácidos orgânicos de baixo peso molecular tais como os ácidos cítrico, oxálico e tartárico (MIYAZAWA et al., 2000a).

Para Miyazawa et al. (2000ab), os materiais orgânicos apresentam capacidade diferenciada quanto à neutralização da toxidez por alumínio, em virtude de suas diferenças quanto aos teores de cátions e carbono orgânico solúvel, que normalmente são maiores em resíduos de adubos

verdes, como algumas leguminosas a exemplo de mucuna preta, crotalárias, aveia preta, nabo forrageiro e leucena.

O aumento do uso de cinzas como fertilizante e regulador do pH do solo esbarra na escassez de estudos sobre os efeitos da aplicação desse resíduo sobre a química da solução de solos tropicais ácidos, o que dificulta a compreensão da mobilidade de nutrientes, as perdas por lixiviação e a disponibilidade para as plantas, informações que permitiriam a elaboração de estratégias de uso desse material no manejo da adubação de lavouras comerciais (NKANA et al., 2002).

Este trabalho teve o objetivo de avaliar a capacidade da cinza de madeira e do esterco bovino para neutralizar o alumínio trocável do solo e promover o crescimento de plantas de mamona através de melhorias nos atributos químicos do solo.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação da Embrapa Algodão, no período de setembro a novembro de 2004. Utilizou-se delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições e 10 tratamentos em distribuição fatorial 2 x 5, sendo os fatores dois materiais (cinza de madeira e esterco bovino) adicionados em cinco doses (0, 2, 4, 6 e 8 t ha<sup>-1</sup>). A composição química dos dois materiais encontra-se na Tabela 1. Cada parcela experimental foi composta por uma planta de mamona da cultivar BRS Nordestina cultivada em vaso perfurado de 8 L de volume,

preenchido com material de um Neossolo Regolítico (96% de areia), de baixa fertilidade natural com pH em água de 5,8; teores de Ca, Mg e K de 5,3; 3,0; e 0,6 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, respectivamente; teores de H+Al, Al e CTC de 5,0; 1,5 e 14,6 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, respectivamente; saturação de bases de 66%, teor de P de 2,5 mg dm<sup>-3</sup> e matéria orgânica de 1,0 g kg<sup>-1</sup>.

A esse solo, aplicou-se, ao mesmo tempo, 3,0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Al<sup>3+</sup> via cloreto de alumínio hexahidratado (AlCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O), e os materiais a serem avaliados (cinzas ou esterco bovino) nas doses previstas para cada tratamento. O solo foi incubado por 15 dias antes do plantio, sendo mantido nesse período com umidade próxima à capacidade de campo.

Semearam-se quatro sementes em cada vaso para posterior desbaste. Os vasos foram irrigados diariamente e mantidos livres de plantas daninhas. Aos 60 dias após a semeadura plantio, mediu-se a altura da planta, o número de folhas, o diâmetro caulinar, a área foliar e a massa seca da parte aérea e das raízes e coletaram-se amostras do solo para análise química. A área foliar foi estimada pelo método proposto por Severino et al. (2004), utilizando as medidas da largura e da nervura principal de cada folha. As análises químicas foram feitas pela metodologia descrita por Silva et al. (1999). Para medição dos teores de Ca, Mg e Al procedeu-se extração com KCl 1 M, sendo o Al<sup>3+</sup> titulado com NaOH na presença de azul-de-bromotimol como indicador e o Ca e Mg dosados por espectrofotometria de absorção atômica. O P e K foram extraídos com solução

**TABELA 1.** Composição química da cinza de madeira e esterco bovino

Material	N	P	K	Ca	Mg	M.O <sup>1</sup>
	g kg <sup>-1</sup>					
Cinza de madeira	5,2	33,7	48,5	264,7	27,3	11,3
Esterco bovino	7,8	8,7	3,3	3,1	1,8	92,5

<sup>1</sup>Matéria orgânica.

Mehlich 1; o P foi medido por espectrofotometria do complexo fosfomolibdico, produzido pela redução do molibdato com ácido ascórbico, e o K medido em fotômetro de chama. A acidez potencial ( $H + Al^{3+}$ ) foi medida por titulação alcalimétrica após extração com solução de acetato de cálcio. A matéria orgânica foi dosada pelo método volumétrico do bicromato de potássio.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e de regressão por polinômios ortogonais, conforme Ferreira (1996), considerando-se a priori o nível de 5% de significância. Para cálculo dos coeficiente de regressão, utilizou-se o modelo quadrático quando o efeito quadrático, foi significativo, e modelo linear, quando apenas este foi significativo. Calcularam-se separadamente os coeficientes para cinza de madeira e esterco bovino.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pela análise de variância e de regressão por polinômios ortogonais, houve efeito significativo dos tratamentos (doses, materiais e interação) e de regressão (efeitos linear e quadrático) sobre todas as características químicas do solo e de crescimento da planta, exceto efeito linear do esterco sobre os teores de P, K e Mg e efeito quadrático das doses de esterco bovino sobre os teores de P, K e a massa seca de raízes. Não foi possível ajustar os modelos linear e quadrático para os valores de teor de alumínio do solo, sendo apresentado apenas o gráfico de linhas.

A adição de cinza de madeira modificou significativamente todos os atributos químicos do solo (Figura 1). O esterco bovino também influenciou todos os atributos químicos, exceto os teores de P, K, e Mg.

Sem a adição de cinza de madeira ou esterco bovino, o solo apresentou pH em torno de 4,7 (mais baixo que o pH inicial devido à adição de alumínio), mas este valor elevou-se para 8,2 e

7,3 com a adição de 8 t ha<sup>-1</sup> de cinza de madeira e esterco bovino, respectivamente. Pela equação de regressão, estimou-se que a dose necessária para que o solo atingisse a neutralidade (pH 7,0) seria de 2,3 t ha<sup>-1</sup> de cinza de madeira ou 5,7 t ha<sup>-1</sup> de esterco bovino. No solo que recebeu as doses de 2 t ha<sup>-1</sup> de cinza de madeira ou de 6 t ha<sup>-1</sup> de esterco bovino, não se detectou  $Al^{3+}$  (Figura 1), confirmando que tais doses foram capazes de neutralizar este elemento no solo.

Segundo Materechera e Mkhabela (2002), os modos pelos quais os materiais orgânicos ou cinzas adicionados ao solo interferem na acidez provavelmente resultam da interação de diversos mecanismos. Nas cinzas, estão presentes diversos cátions na forma de óxidos, como  $Na_2O$ ,  $K_2O$ ,  $CaO$ ,  $MgO$ ,  $SiO_2$  e  $P_2O_5$ , pois sua água de hidratação foi perdida pela calcinação. Esses cátions geram íons  $OH^-$  ao se hidratarem e se dissolverem na solução do solo (ex.:  $CaO + H_2O \rightarrow Ca^{2+} + 2OH^-$ ), os quais tanto elevam o pH como reagem com alumínio, precipitando-o na forma  $Al(OH)_3$  e reduzindo seu teor no solo. Além disso, o silicato amorfo presente na madeira tem alta capacidade de ligação com o Al trocável, reduzindo adicionalmente sua concentração no solo. Por sua vez, grande parte do esterco é rapidamente mineralizado no solo, devido ao seu alto teor de nitrogênio. Isto permite a liberação de cátions no solo ( $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $NH_4^+$ ,  $K^+$  e  $Na^+$ ), com ação similar sobre o pH à mostrada anteriormente (exceto para o  $NH_4^+$ , que é transformado em nitrato e libera  $H^+$ , que acidifica o solo), porém com ação menos intensa, devido ao tamponamento exercido no pH pelos ácidos orgânicos presentes, como subproduto da decomposição e da atividade dos microrganismos. Esses cátions deslocam o  $Al^{3+}$  da superfície da argila, levando-o para a solução do solo, onde é quelatizado pelos ácidos orgânicos, ficando indisponível para as plantas. Assim, o poder neutralizante do esterco é bem mais limitado do que o da cinza. De fato, comparada com a do esterco bovino, a soma dos teores de K, Ca e Mg na cinza de madeira é

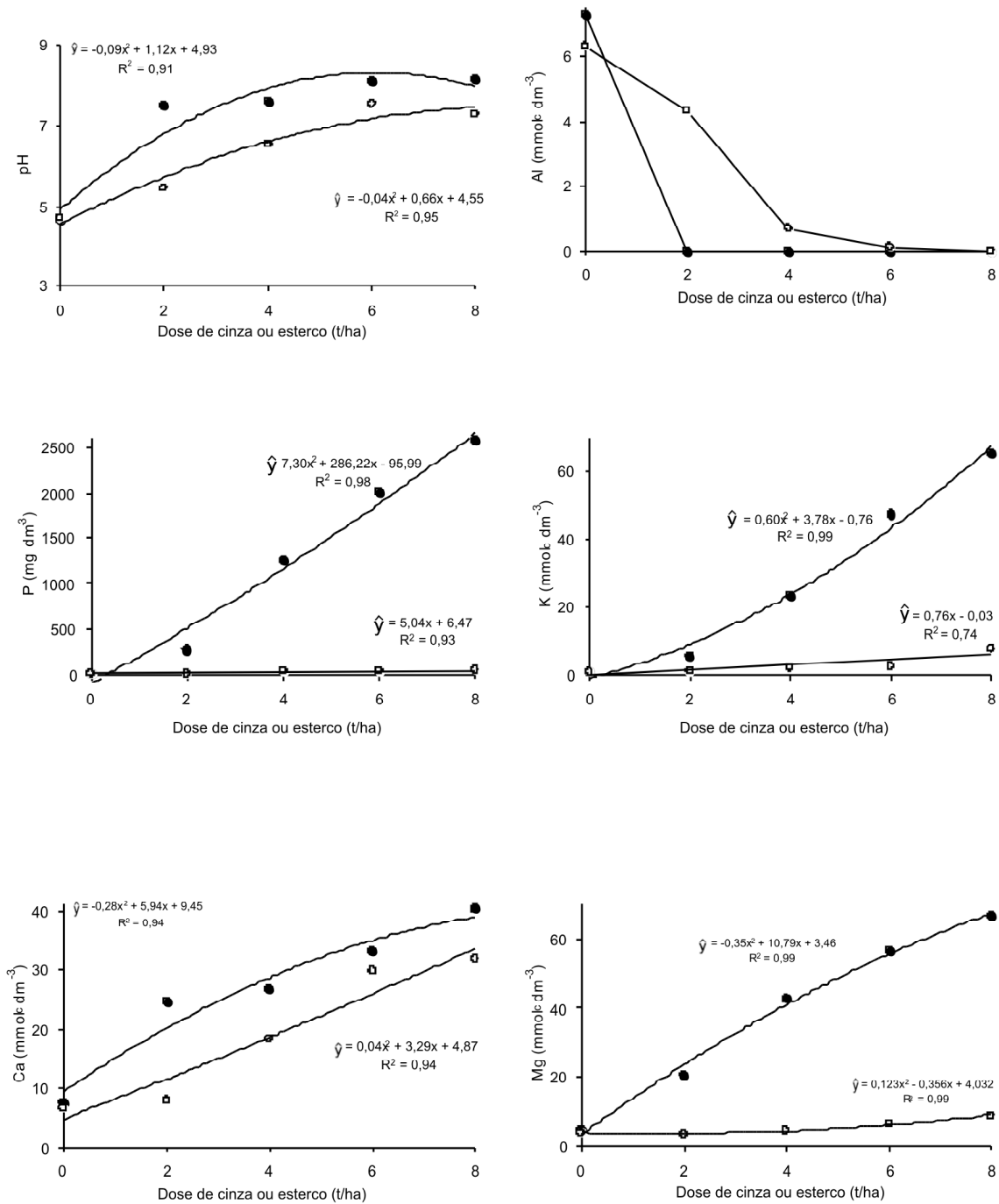
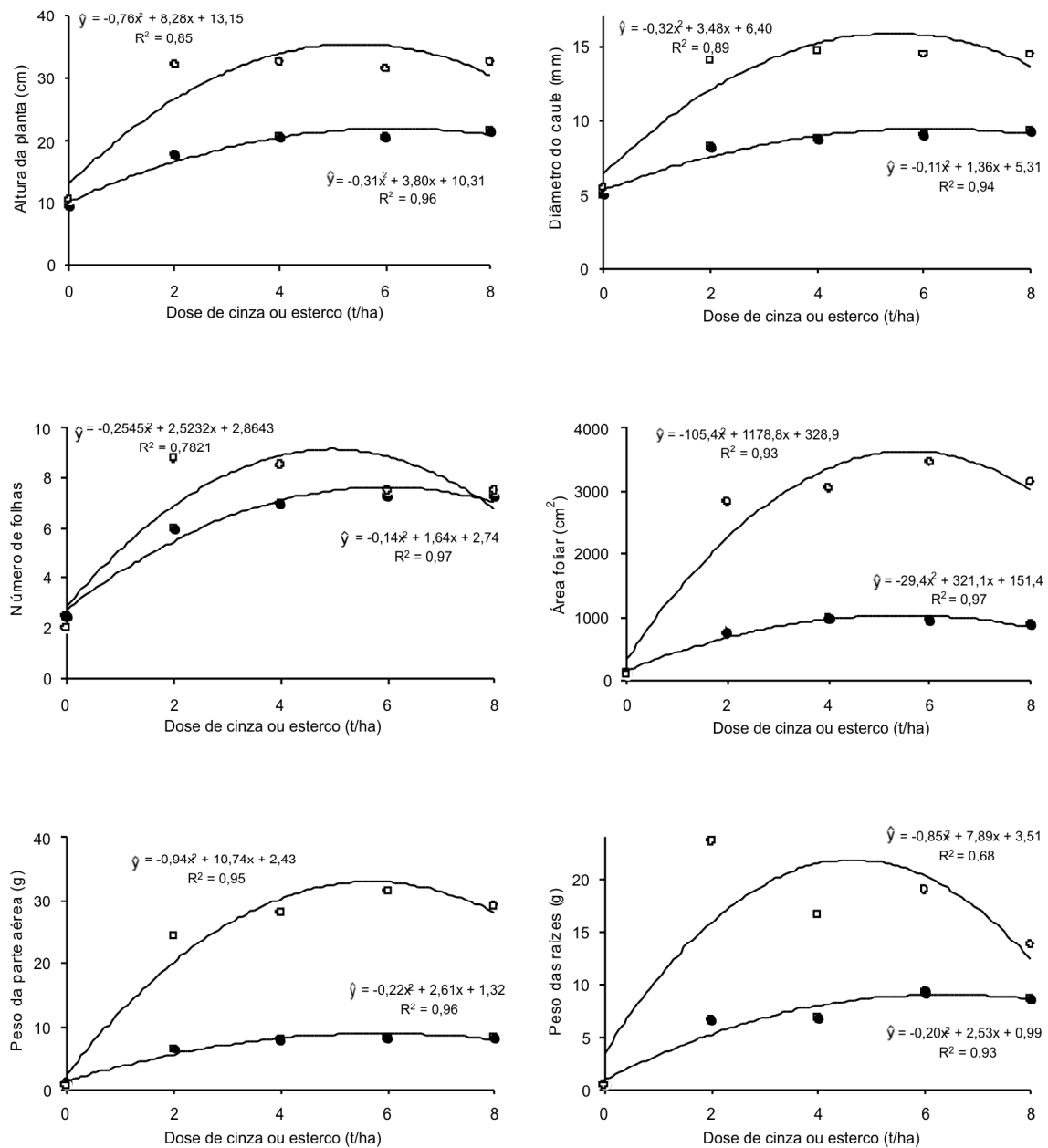


FIG. 1. Valores de pH e teores de Al, P, K, Ca e Mg em solo em que se adicionou  $\text{Al}^{3+}$  e se incubou com adição de doses crescentes de cinza de madeira (●) ou esterco bovino (○)



**FIG. 2.** Altura da planta, diâmetro do caule, número de folhas, área foliar e peso seco de raízes e parte aérea de mamoneira em resposta à adição de doses crescentes de cinza de madeira (●) ou esterco bovino (○)

41,5 vezes maior (Tabela 1), o que reforça a hipótese de que esses cátions sejam os principais responsáveis pela elevação do pH e conseqüente neutralização do  $Al^{3+}$ .

Os teores de P, K e Mg apresentaram maior elevação no solo que recebeu adição de cinza que naqueles que receberam esterco (Figura 2). Essa elevação nos teores de P e K, associada à redução da acidez do solo também foi observada nos trabalhos de Nkana et al. (1998) e de Moyin-Jesu (2007). Diferentemente dos outros nutrientes, houve pouca diferença no aumento dos teores de Ca entre os solos em que se adicionou cinza e esterco, mesmo sendo o teor de Ca muito mais alto na cinza. Provavelmente, nem todo o Ca existente na cinza se solubilizou no solo. Como a madeira tem geralmente alto teor de silício presente na parede celular, que lhe dar maior resistência à tensão, sua carbonização leva à formação de silicatos complexos de Ca, Mg, Na e K. Destes, o silicato de cálcio tem a menor solubilidade e boa parte dele, provavelmente, ficou indisponível durante o período deste estudo, justificando a ocorrência de teores muito próximo aos medidos com o uso de esterco bovino.

Embora a cinza de madeira tenha aumentado com maior intensidade os teores de três macronutrientes (P, K e Mg) e neutralizado o  $Al^{3+}$  com uma menor dose, o esterco bovino foi mais eficiente na promoção do crescimento das plantas (Figura 2). Os valores máximos estimados de área foliar e peso seco da parte aérea no solo em que foi adicionado esterco bovino foram de 3.624,8  $cm^2$  e 33,1 g, enquanto no que se adicionou cinza de madeira foram de 1.028,3  $cm^2$  e 9,1 g, respectivamente. Considerando-se todas as características de crescimento estudadas, as doses de cinza calculadas para obtenção dos valores máximos situaram-se na faixa de 5,5 a 6,3  $t ha^{-1}$  e as de esterco, na faixa de 4,6 a 5,7  $t ha^{-1}$ . Esses resultados demonstram que o fornecimento de cinza de madeira ou esterco bovino em doses

superiores 6  $t ha^{-1}$  não trariam benefícios adicionais às plantas de mamona.

Lima et al. (2006) demonstraram que a mamoneira não apresenta maior crescimento em resposta ao aumento do teor de nutrientes no solo se não houver boa aeração do substrato. Embora os atributos físicos do solo não tenham sido analisados, supõe-se que o esterco bovino, devido ao maior teor de matéria orgânica (Tabela 1), tenha maior capacidade de aumentar a porosidade e a aeração, tendo sido este o fator preponderante para o maior crescimento observado. Também relevante, neste caso, são os maiores teores de nitrogênio e a mineralização gradual do esterco, que permite o fornecimento do nutriente mineralizado de forma mais bem distribuída ao longo de todo o período de crescimento da planta, sem excessos e com menor risco de perda por lixiviação na água de drenagem, pois os vasos eram perfurados. Provavelmente, a cinza por ter mais baixo teor de nitrogênio, praticamente todo de disponibilidade imediata, tenha permitido excesso de nutriente nas fases iniciais de crescimento da planta e grande perda por lixiviação. Além disso, não se pode descartar um maior efeito salino do uso de cinzas em dosagens elevadas, diminuindo o crescimento inicial da mamoneira. Esses efeitos simultâneos, em solo arenoso e pobre em matéria orgânica, permitiram melhor desempenho do uso do esterco quando comparado ao de cinza.

## CONCLUSÕES

1) A adição de cinza de madeira ou esterco bovino eleva o pH, os teores de P, K, Ca e Mg do solo e reduz o teor de  $Al^{3+}$

2) Em doses iguais, a cinza de madeira apresenta maior capacidade que o esterco bovino em elevar o pH, aumentar os teores de P, K e Mg e neutralizar o  $Al^{3+}$ .

2) A adição de cinzas de madeira ou esterco bovino favorece o crescimento de plantas de mamoneira, mas o esterco bovino é mais eficiente na promoção do crescimento.

**Agradecimentos:** Ao Consórcio CENP Energia, Petrobras e Fundeci/Banco do Nordeste, pelo apoio financeiro para a realização deste estudo.

## REFERÊNCIA

- AMARAL, A. S.; SPADER, V.; ANGHINONI, I.; MEURER, E. J. Resíduos vegetais na superfície do solo afetam a acidez do solo e a eficiência do herbicida flumetsulam. **Ciência Rural**, v. 30, p. 789-794, 2000.
- ANGHINONI, I.; SALET, R. L. Reaplicação de calcário no sistema plantio direto consolidado. In: KAMINSKI, J. Uso de corretivos da acidez do solo no plantio direto. Pelotas, **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 2000. p. 41-59.
- FERREIRA, P. V. **Estatística experimental aplicada à agronomia**. 2. ed. Maceió: EDUFAL, 1996. 606 p.
- HUE, N. V. Correcting soil acidity of a highly weathered Ultisol with chicken manure and sewage sludge. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 23, p. 241-264, 1992.
- HUE, N. V.; LICUNIDE, D. L. Amelioration of subsoil acidity through surface application of organic manures. **Journal of Environmental Quality**, v. 28, p. 623-632, 1999.
- LIMA, R. L. S.; SEVERINO, L. S.; FERREIRA, G. B.; SILVA, M. I. L.; ALBUQUERQUE, R. C.; BELTRÃO, N. E. de M. Crescimento da mamoneira em solo com alto teor de alumínio na presença e ausência de matéria orgânica. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 11, n. 1, p. 15-21, 2007.
- LIMA, R. L. S.; SEVERINO, L. S.; SILVA, M. I. L.; JERÔNIMO, J. F.; VALE, L. S.; BELTRÃO, N. E. de M. Substratos para produção de mudas de mamoneira compostos por misturas de cinco fontes de matéria orgânica. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 3, p. 474-479, 2006.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. San Diego: Academic Press, 1988. 889 p.
- MATERECHERA, S. A.; MKHABELA, T. S. The effectiveness of lime, chicken manure and leaf litter ash in ameliorating acidity in a soil previously under black wattle (*Acacia mearnsii*) plantation. **Bioresource Technology**, v. 85, p. 9-16, 2002.
- MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; FRANCHINI, J. C. Neutralização da acidez do perfil do solo por resíduos vegetais. **Informações Agronômicas**, n. 92, 8 p. 2000b. Encarte técnico.
- MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; FRANCHINI, J. C. Resíduos vegetais: influência na química de solos ácidos. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS NO SISTEMA PLANTIO DIRETO, 1., Ponta Grossa, 2000. **Anais**. Ponta Grossa, Associação dos Engenheiros Agrônomos dos Campos Gerais, 2000a. p. 82-94.
- MOKOLOBATE, M. S.; HAYNES, R. J. A glasshouse evaluation of the comparative effects of organic amendments, lime and phosphate on alleviation of Al toxicity and P deficiency in an Oxisol. **Journal of Agricultural Science**, v. 140, p. 409-417, 2003.
- MOYIN-JESU, E. I. Use of plant residues for improving soil fertility, pod nutrients, root growth and pod weight of okra (*Abelmoschus esculentus* L.). **Bioresources Technology**, n. 98, v. 11, p. 2057-2064, 2007.
- NKANA, J. C. V.; DEMEYER, A.; VERLOO, M.



- G. Chemical effects of wood ash on plant growth in tropical acid soils. **Bioresource Technology**, v. 63, p. 251-260, 1998.
- NKANA, J.C.V.; DEMEYER, A; VERLOO, M.G. Effect of wood ash application on soil solution chemistry of tropical acid soils:incubation study. **Bioresource Technology**, v.85, p.323-325, 2002.
- SEVERINO, L. S.; CARDOSO, G. D.; VALE, L. S.; SANTOS, J. W. dos. Método para determinação da área foliar da mamoneira. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibras**, v. 8, n. 1, p. 753-762, 2004.
- SILVA, F. C. (Org.) **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia/Embrapa Solos/Embrapa Agropecuária Oeste, 1999. 370 p.