



Enxofre elementar melhora os atributos químicos de um solo degradado pelo excesso de sais e de sódio⁽¹⁾

Francisco Tarcísio Lucena⁽²⁾; Pedro Jorge da Silva Severo⁽²⁾; Josinaldo Lopes Araujo⁽³⁾; Rafael Guimarães Veriato⁽²⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos da Universidade Federal de Campina Grande.

⁽²⁾ Graduando em Agronomia; Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande; Pombal, PB; tarcisiolucenacartaxo@gmail.com; ⁽³⁾ Professor; Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande.

RESUMO: Os solos degradados por sais ocorrem em todo o mundo, particularmente em regiões áridas e semiáridas da terra, onde a precipitação pluviométrica é limitada e, ou mal distribuída. Objetivou-se avaliar o efeito de doses de enxofre elementar sobre os atributos químicos de um solo degradado por excesso de sais e de sódio trocável. O experimento foi conduzido em casa de vegetação utilizando-se amostras de um solo salino-sódico de textura franco arenosa. Empregou-se o delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos referentes às doses de enxofre elementar (0, 200, 400, 600 e 800 mg dm⁻³) com seis repetições. O solo foi obtido na camada de 0 - 30 cm e após ser caracterizado quimicamente foi acondicionado em vasos de 6 dm³. As doses de enxofre correspondente a cada tratamento foram misturadas a todo o volume de solo o qual foi incubado com por 30 dias. Posteriormente, foi aplicado uma lâmina de lixiviação correspondente a duas vezes sua porosidade total. Em seguida o solo foi analisado quanto aos atributos químicos do complexo sortivo. Concluiu-se que o enxofre elementar melhora os atributos químicos de solos salino-sódicos, promovendo a diminuição do pH e da PST e elevando os teores de Ca e Mg trocáveis.

Termos de indexação: salinidade, sodicidade, alcalinidade.

Na⁺ em solos sódicos ou salino-sódicos promove o deslocamento dos cátions Mg²⁺, Ca²⁺ e K⁺, substituindo-os no complexo de troca, diminuindo sua disponibilidade para às plantas, e promovendo dispersão de argilas, uma vez que os cátions divalentes são substituídos por monovalentes promovendo o aumento da espessura da dupla camada difusa (Santos & Muraoka, 1997).

A escolha da técnica ou estratégia adequada para a recuperação ou remediação de solos afetados pela salinidade depende do tipo de problema a ser enfrentando. No Perímetro Irrigado de São Gonçalo, Distrito de Sousa (PB), onde se estima que 40% dos lotes estão afetados pela salinidade, quase sempre, o excesso de sais está associado com o excesso de sódio trocável, o que exige o uso de corretivos e, ou técnicas capazes de eliminar este cátion da zona radicular das plantas. Alguns estudos já realizados, mostraram que a aplicação de gesso agrícola ou enxofre elementar (Stamford et al., 2007; Mohamed, et al., 2007) são os produtos com maior eficiência na remediação destes solos, principalmente o enxofre elementar (S⁰) que tem reação ácida durante a sua oxidação (SOUSA et al., 2012; SÁ et al., 2013a; SÁ et al., 2013b).

Neste trabalho objetivou-se avaliar o efeito de doses de enxofre elementar sobre os atributos químicos de um solo degradado pelo excesso de sais solúveis e sódio trocável.

INTRODUÇÃO

A salinidade proporciona alterações químicas e físicas no solo, as quais em última instância afetam negativamente o crescimento e a produção das culturas nos quais são cultivadas (Qadir et al., 2007). Os solos salinos apresentam elevados teores de ânions como cloreto, sulfato, carbonato, bicarbonatos e boratos na solução solo que podem causar distúrbios nutricionais às plantas (Santos & Muraoka, 1997). Os solos salino-sódicos, além da salinidade, apresentam elevado pH (> 8,5), o qual origina toxidez de íons como o sódio e o cloro ou deficiências nutricionais, especialmente de micronutrientes catiônicos como o zinco, cobre, manganês, cobalto e ferro (Suarez, 1991). Os íons

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande (CCTA), Campus de Pombal-PB. Foram utilizadas amostras de um NEOSSOLO FLÚVICO, salino sódico, textura franco arenosa, obtidas no Perímetro Irrigado de São Gonçalo, localizado a 10 km do município de Sousa-PB. Os resultados da caracterização inicial do solo, realizada conforme Embrapa (1997) são apresentados na tabela 1.

O delineamento empregado foi inteiramente casualizado, com cinco doses de enxofre elementar (0, 200, 400, 600 e 800 mg dm⁻³) e seis repetições,



totalizando 30 unidades experimentais. Cada unidade experimental foi constituída por um vaso contendo 6,0 dm³ de solo. Após a aplicação das doses de enxofre, o solo foi mantido por 30 dias com umidade correspondente a 70% da capacidade de campo, por meio de pesagens diárias.

Tabela 1. Atributos químicos e físicos do solo empregado no experimento.

Atributos	Valor
pH (CaCl ₂)	9,37
P (mg kg ⁻¹)	8,1
K ⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,33
Na ⁺ (cmol _c dm ⁻³)	4,6
Ca ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,8
Mg ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,3
H+Al (cmol _c dm ⁻³)	0,0
SB (cmol _c dm ⁻³)	6,02
CTC (cmol _c dm ⁻³)	6,02
CEes (dSm ⁻¹)	11,5
V (%)	100,0
PST (%)	76,31
Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,0
Areia (gkg ⁻¹)	569
Silte (gkg ⁻¹)	271
Argila (gkg ⁻¹)	160
Ds (g cm ⁻³)	1,47
Dp (g cm ⁻³)	2,63
Porosidade (m ³ m ⁻³)	0,44

PST= Percentagem de sódio trocável; CEes = condutividade elétrica do extrato de saturação.

Após o período de incubação, aplicou-se uma lâmina de lixiviação, com um volume de água equivalente a duas vezes a porosidade total do solo. Após a lixiviação dos sais, foram retirados de cada vaso, cerca de 300 g de solo, com os quais foi realizada uma nova caracterização química do solo para fins de fertilidade (Embrapa, 1997) onde foram avaliados CE (condutividade elétrica), pH (CaCl₂), teores trocáveis de Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, P disponível. Os teores trocáveis de Na⁺ foram determinados pela diferença entre os teores desse cátion extraído com a solução de Mehlich-1 e os teores de Na⁺ extraídos em água. Com estes dados foram estimados a CTC (capacidade de troca de cátions potencial), a PST (percentagem de sódio trocável) e a relação Ca:Mg.

A análise estatística consistiu na análise de variância e de regressão polinomial através do *Software Sisvar*®.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todos os atributos avaliados foram influenciados significativamente pelas doses de enxofre elementar aplicadas. Observou-se que o pH (**Figura 1A**), os teores de Na⁺ (**Figura 2D**), e a PST (**Figura 2H**) diminuíram de forma linear em função das doses de S°. Por outro lado, a condutividade elétrica no extrato 1:5 (**Figura 1B**), os teores de Ca²⁺ (**Figura 2A**), Mg²⁺ (**Figura 2B**), relação Ca:Mg (**Figura 2E**) e CTC (**Figura 2G**) elevaram-se com as doses de S° aplicadas. Os teores de K⁺ (**Figura 2C**) e de fósforo (**Figura 2F**) não foram influenciados pelas doses de S°.

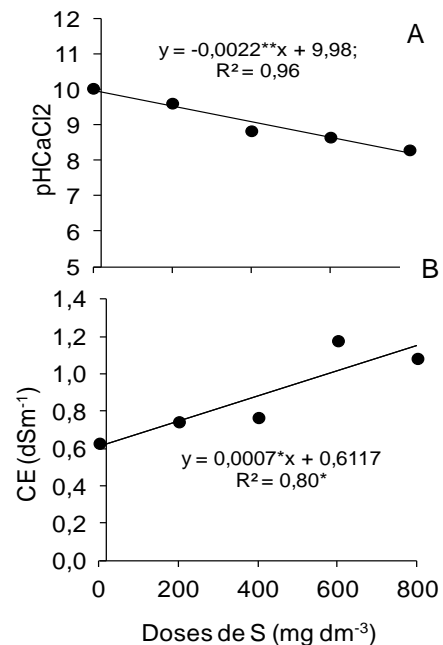


Figura 1. Valores de pH (A) e condutividade elétrica (B) do solo salino-sódico em função de doses de enxofre elementar. CE = condutividade elétrica na relação solo:água 1:5.

A diminuição dos valores de pH com as doses do corretivo deve-se ao efeito direto da oxidação biológica do enxofre, a qual gera ácido sulfúrico no solo (Stamford et al., 2007) e também pelo efeito indireto pelo aumento dos teores de cálcio e magnésio no solo, os quais substituem o Na⁺ no complexo sortivo. O aumento dos teores, cálcio e magnésio por sua vez, ocorreu, provavelmente, devido, à ação dos íons H⁺ gerados pelo corretivo na solubilização de minerais primários do solo contendo estes elementos, como calcita, dolomita e feldspatos, normalmente encontrados nestes solos (Amezqueta et al., 2005). A diminuição da PST é resultante da diminuição dos teores trocáveis de Na⁺ e elevação dos teores de Ca e Mg, assim como a geração de sulfato no solo. Neste processo o sódio



é deslocado para a solução do solo o qual reage com os ânions sulfatos, formando sulfato de sódio o qual é removido após a aplicação de uma lâmina de água. Assim, o sulfato e os íons H^+ gerados pela oxidação biológica do enxofre, favoreceu a lixiviação de sódio e íons HCO_3^- contribuindo, desta forma, para a diminuição dos teores de Na, dos valores de pH, PST do solo (Leite et al., 2007). Resultados semelhantes foram observados em outros trabalhos (Stamford et al., 2002; Stamford et al., 2007; Pereira et al., 2010; Sousa et al., 2012). O aumento da CEes com as doses de enxofre, se deve, provavelmente, ao seu efeito sobre os teores de cálcio, magnésio, sulfato e aos íons H^+ gerados pela oxidação do enxofre, como já mencionado.

A elevação da CTC (**Figura 2G**) com as doses de enxofre, não deve, em princípio, ser atribuída a geração de cargas negativas no solo, tendo em vista as condições de pH inicial e de mineralogia desses solos. Provavelmente ocorreu um aumento dos teores solúveis de Ca e Mg, os quais foram quantificados juntamente com os extraídos com a solução KCl 1,0 mol/L, superestimando a CTC potencial do solo.

Considerando a função obtida na Figura 1A, para se reduzir o pH do solo do presente estudo, para 6,5 seria necessário a dose de 1.581,8 mg dm^{-3} ou 3,2 t ha^{-1} na camada de 0 - 20 cm. Contudo, ressalta-se que neste trabalho não foi utilizado inoculante de bactérias do tipo *Thiobacillus*, o que poderia aumentar a eficiência do S^0 em acidificar o solo (Stamford et al., 2007).

CONCLUSÕES

O enxofre elementar melhora os atributos químicos de solos salino-sódicos, promovendo a diminuição do pH e da PST e elevando os teores de Ca e Mg trocáveis.

AGRADECIMENTOS

Ao Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande pela disponibilização da infraestrutura necessária a realização da pesquisa e ao Programa de Educação Tutorial (PET).

REFERÊNCIAS

AMEZKETA, E.; ARAGÜÉS, R.; GAZOL, R. Efficiency of sulfuric acid, mined gypsum, and two gypsum By-Products in soil crusting prevention and sodic soil reclamation. *Agronomy Journal*, Madison, v.97, n. 3, p.983-989, 2005.

LEITE, E.M.; CAVALCANTE, L.F.C.; DINIZ, A.A.; SANTOS, R.V.; ALVES, G.S.; LUCENA, CAVALCANTE, I.H.L. Correção da sodicidade de dois solos irrigados em resposta à aplicação de gesso agrícola. *Irriga*, v.12, p.168-176, 2007.

MOHAMED, A.I.; ALI, O.M.; M.A.; MATLOUB, M.A. Effect of soil amendments on some physical and chemical properties of some soils of Egypt under saline irrigation water. *African Crop Science Conference Proceedings*, v. 8, p. 1571-1578, 2007.

QADIR, M.; OSTER, J.D.; SCHUBERT, S.; NOBLE, A.D.; SAHRAWAT, K.L. Phytoremediation of sodic and saline-sodic soils. *Advances in Agronomy*, Newark, v.96, p.197-247, 2007.

SÁ, F. V. S.; ARAUJO, J. L.; NOVAES, M. C.; SILVA, A. P.; PEREIRA, F. H. F.; LOPES, K. P. Crescimento inicial de arbóreas nativas em solo salino-sódico do nordeste brasileiro tratado com corretivos. *Revista Ceres (Online)*, v. 3, p. 388-396, 2013a.

SÁ, F.V.S.; ARAÚJO, J.L.; NOVAES, M.C.; OLIVEIRA, S.R. Crescimento inicial de craibeira em solo salinizado corrigido com enxofre elementar. *Irriga*, Botucatu, v. 18, n. 4, p. 647-660, outubro-dezembro, 2013b.

SANTOS, R.V.; MURAOKA, T. Interação salinidade e fertilidade do solo In: GHEYI, H.R.; QUEIROZ, J.E.; MEDEIROS, J.F. (Ed.) **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**. Campina Grande: UFPB, 1997. p.289-317.

SOUSA, F.Q.; ARAÚJO, J.L.; SILVA, P.S.; PEREIRA, F.H.F.; SANTOS, R.V.; LIMA, G.S. Crescimento e respostas fisiológicas de espécies arbóreas em solo salinizado tratado com corretivos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.16, n.2, p.173-181, 2012.

SOUSA, F.Q.; ARAÚJO, J.L.; SILVA, P.S.; PEREIRA, F.H.F.; SANTOS, R.V.; LIMA, G.S. Crescimento e respostas fisiológicas de espécies arbóreas em solo salinizado tratado com corretivos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.16, n.2, p.173-181, 2012.

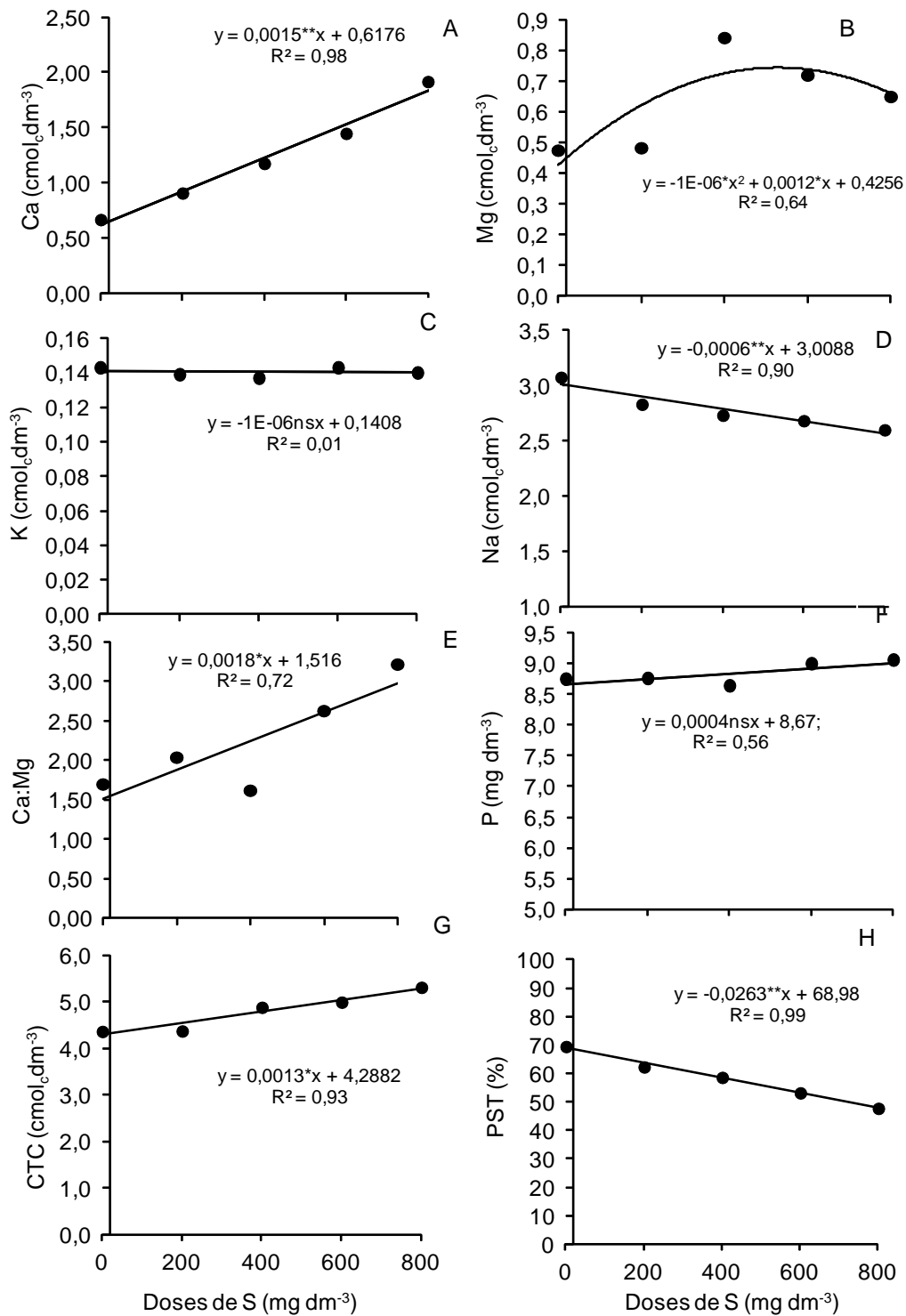


Figura 2. Atributos químicos do solo salino-sódico em função de doses de enxofre elementar. PST: Percentagem de sódio trocável.