

REDUÇÃO DA SODICIDADE EM SOLO IRRIGADO COM A UTILIZAÇÃO DE ÁCIDO SULFÚRICO E GESSO AGRÍCOLA¹

EGEIZA MOREIRA LEITE², ADRIANA ARAUJO DINIZ³, LOURIVAL FERREIRA CAVALCANTE^{4*}, HANS RAIJ
GHEYI⁵, VINÍCIUS BATISTA CAMPOS⁶

RESUMO - Com o objetivo de avaliar o efeito do ácido sulfúrico e gesso na redução da sodicidade em um solo salino-sódico, do Perímetro Irrigado Engenheiro Arco Verde, no município de Condado – PB, foi conduzido um experimento em abrigo protegido do CCA/UFPB, Areia, PB. Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2x5, sendo dois corretivos químicos (ácido sulfúrico e gesso) incorporados em 2,2 kg de solo acondicionados em vasos plásticos, de modo a fornecer o mesmo teor de sulfato (SO_4^{2-}), representados pelos níveis de 0; 1,8; 3,6; 5,4; e 7,2 g kg^{-1} . Os corretivos promoveram expressiva redução na percentagem de sódio trocável e no pH do solo, refletindo na melhoria da sodicidade e alcalinidade do solo. O gesso superou o ácido sulfúrico na diminuição da percentagem de sódio trocável e teor de sódio solúvel.

Palavras-chave: Salinização. Recuperação de solos. Corretivos químicos.

REDUCTION OF THE SODICITY IN AN IRRIGATED SOIL WITH UTILIZATION OF SULPHURIC ACID AND AGRICULTURAL GYPSUM

ABSTRACT - In order to evaluate the effects of chemicals amendments sulphuric acid and gypsum to decrease sodicity in a saline-sodic soil of Irrigated Perimeter of Condado, Paraíba State, Brazil, an experiment was carried out in a green house of the Departamento de Solos e Engenharia Rural, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, Paraíba State, Brazil. The experiment was conducted in 2x5 factorial design referring to chemical amendments sulphuric acid and gypsum at levels equivalent to 0; 1.8; 3.6; 5.4 and 7.2 g kg^{-1} of sulphate (SO_4^{2-}). The chemical amendments exercised positive effects on reduction of exchangeable sodium percentage and pH in saturation extract evidencing improvement in relation to sodicity and alkalinity of the soil. The gypsum was superior to sulphuric acid in reduction of exchangeable sodium percentage and soluble sodium content in the soil solution.

Keywords: Salinization. Soil reclamation. Chemical corrective.

*Autor para correspondência.

¹Recebido para publicação em 06/10/2009; aceito em 02/06/2010.

Parte da Dissertação do primeiro autor apresentada ao PPGMSA/CCA/UFPB.

²PPGMSA/CCA/UFPB, 58.397-000, Areia - PB

³Bolsista de Pós-Doutorado Júnior do CNPq. 58397-000. Areia – PB; adrisolos@bol.com.br

⁴DSER/CCA/UFPB; pesquisador INCTSal. Areia - PB; lofeca@cca.ufpb.br

⁵Prof Visitante /PVNS/CAPEs, NEAS/UFRB; pesquisador INCTSal. 44380-000. Cruz das Almas – BA; hans@pq.cnpq.br;

⁶PPGEA/UFCG, 58.429-140; viniciuspmsa@hotmail.com

INTRODUÇÃO

Principalmente nas últimas décadas, o intenso cultivo dos solos agrícolas de regiões semiáridas, vem contribuindo à perda da capacidade produtiva, tornando-os menos adequados para a produção sustentável de alimentos. A salinidade e a sodicidade nas áreas semiáridas irrigadas, constituem o principal fator responsável pela perda da capacidade produtiva dos solos, resultando em graves problemas de natureza sócio-econômico e ambiental (RICHARDS, 1954; HOLANDA et al., 1998; SANTOS et al., 2005).

Na recuperação de solos com excesso de Na trocável, vários corretivos podem ser utilizados, tais como S elementar, $Al_2(SO_4)_3$, $CaCl_2$, H_2SO_4 e gesso mineral (RIBEIRO et al., 2009). Dentre as práticas de recuperação dos solos comprometidos por sódio trocável, o uso de gesso e ácido sulfúrico constitui uma alternativa para a melhoria química e física desses solos. A utilização desses corretivos, apesar de onerosa e cronologicamente lentas, pode se justificar pela ação recuperadora dos solos agrícolas evitando ainda o êxodo rural nas áreas irrigadas (GOMES et al., 2000; NIAZI et al., 2001; SADIQ et al., 2003).

O processo natural de salinização dos solos é função de vários fatores. Os dois mais importantes são: o mineralógico que é resultado da transformação do material trocável da crosta terrestre em solúvel e o segundo está diretamente relacionado à climatologia, que pela ação da temperatura, provoca a redução do teor de umidade e, em conseqüência, aumenta a concentração de sais dos solos (RICHARDS, 1954; LEITE et al., 2007). Do ponto de vista antrópico há muitos outros fatores. Dentre eles destacam-se a seleção dos métodos de irrigação, o índice de salinidade dos fertilizantes e o transporte de sais aos solos através das irrigações (CAVALCANTE et al., 2001; RIBEIRO et al., 2009).

A salinidade causa redução na disponibilidade de água e nutrientes às plantas, prejudicando o crescimento e rendimento das culturas, devido os sais solúveis presentes na solução do solo estarem prontamente disponíveis aos vegetais (CAMPOS et al., 2009). A sodicidade refere-se à ação de íons carbonatos, bicarbonatos que elevam o pH do meio, além de promoverem precipitação de cálcio e magnésio, elevando o teor relativo de sódio solúvel e trocável do solo (IZHAR et al., 2001; BARROS et al., 2004; CAVALCANTE et al., 2005).

Os solos salino-sódicos e sódicos por serem ricos em sódio trocável, não podem ser recuperados apenas com a lavagem. Nesses solos há necessidade da aplicação de um corretivo químico, de preferência a base de cálcio, que através das reações disponibilize este cátion (Ca), com a finalidade de substituir o sódio do complexo de troca e transferi-lo para a solução do solo. Nesse sentido, a recuperação dos solos sódicos e salino-sódicos tem como finalidade transformá-los em solos salinos e em seguida, em solos

normais ou não salinos, isto é, que não ofereçam riscos de sais ao ponto de prejudicar severamente a germinação das sementes, o crescimento e a produção das plantas cultivadas (LUQUE; PEINEMANN, 1995; CAVALCANTE et al., 2002; VITAL et al., 2005). Trabalhos dessa natureza foram conduzidos por Miranda et al. (2008) com soluções de cloreto de cálcio e por Melo et al. (2008) e Barros et al. (2009) com aplicação de gesso na correção de solos salino-sódicos.

O trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da aplicação do ácido sulfúrico e gesso agrícola na redução dos efeitos negativos dos sais em um Luvisso Crômico salino-sódico do Perímetro Irrigado Engenheiro Arco Verde (PIEA) no município de Condado - PB.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em abrigo protegido no Departamento de Solos e Engenharia Rural, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, PB, situado pelos pontos de coordenadas geográficas: latitude 6°58' S, longitude 35°41' W do Mediterrâneo de Greenwich, a uma altitude de 575 m.

O solo foi coletado na profundidade de 0-30 cm na área do Setor 8 do Perímetro Irrigado Engenheiro Arco Verde em Condado - PB. Após seco ao ar o solo utilizado no experimento foi peneirado em malha de 2 mm. A caracterização química, quanto à salinidade e fertilidade, constou da obtenção dos atributos determinados no extrato de saturação e no solo (Tabela 1) empregando as metodologias sugeridas por Richards (1954) e Embrapa (1997).

A partir dos valores de sódio, cálcio e magnésio solúveis no extrato de saturação calculou-se a relação de adsorção de sódio (RAS) e com base nos teores de sódio, cálcio, magnésio, potássio e hidrogênio mais alumínio determinados no solo, obteve-se a percentagem de sódio trocável - PST (RICHARDS, 1954) pelas expressões:

$$RAS = \frac{Na^+}{\frac{\sqrt{Ca^{+2} + Mg^{+2}}}{2}} \quad PST = \frac{100 Na^+}{CTC}$$

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 5, com 3 repetições. Os tratamentos consistiram de dois corretivos químicos (ácido sulfúrico e gesso) e cinco doses de gesso (0, 25, 50, 75, e 100 % da necessidade de gesso do solo), sendo incorporados em 2,2 kg solo e acondicionados em vasos plásticos

com dreno na parte inferior para lixiviação dos sais. A necessidade de gesso (NG) foi quantificada pela expressão: $NG = 0,86 Na^+x$, conforme Cavalcante (1986). Sendo necessidade de gesso ($g\ kg^{-1}$) e Na^+x = teor de sódio trocável ($cmol_c\ dm^{-3}$). Em seguida

foram obtidos os teores de sulfato referentes a cada dose de gesso de modo a se fornecer o mesmo teor de sulfato (SO_4^{2-}) entre ambos os corretivos, conforme indicado na Tabela 2.

Tabela 1. Análises do extrato de saturação para fins de salinidade e do solo para fins de fertilidade.

No extrato de saturação		No solo	
pH da pasta	9,20	pH em água	9,50
CEes ($dS\ m^{-1}$)	8,35	Na^+ ($cmol_c\ dm^{-3}$)	10,00
Ca^{2+} ($mmol_c\ L^{-1}$)	2,25	Ca^{2+} ($cmol_c\ dm^{-3}$)	7,13
Mg^{2+} ($mmol_c\ L^{-1}$)	1,00	Mg^{2+} ($cmol_c\ dm^{-3}$)	2,71
K^+ ($mmol_c\ L^{-1}$)	0,31	K^+ ($cmol_c\ dm^{-3}$)	0,11
Na^+ ($mmol_c\ L^{-1}$)	79,78	$H^+ + Al^{3+}$ ($cmol_c\ dm^{-3}$)	0,08
SC ($mmol_c\ L^{-1}$)	83,34	CTC ($cmol_c\ dm^{-3}$)	21,23
RAS ($mmol\ L^{-1}$) ^{1/2}	62,58	PST (%)	47,03
($cmol_c\ dm^{-3}$) Na^+/Ca^{2+}	35,46	Classificação:	Salino-sódico

CEes: Condutividade elétrica do extrato de saturação; SC= Soma de cátions solúveis em água

Tabela 2. Quantidades de gesso e de ácido sulfúrico aplicados ao solo a partir dos teores de sulfato de ambos os corretivos químicos.

Dose de gesso	Gesso agrícola		Dose de gesso	Ácido sulfúrico	
	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	Sulfato		H_2SO_4	Sulfato
% da NG	$g\ kg^{-1}$ solo	$g\ kg^{-1}$ solo	% da NG	$mL\ kg^{-1}$ solo	$g\ kg^{-1}$ solo
0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
25	3,2	1,8	25	1,0	1,8
50	6,3	3,6	50	1,9	3,6
75	9,4	5,4	75	2,9	5,4
100	12,5	7,2	100	3,9	7,2

NG = necessidade de gesso

Após a aplicação dos corretivos químicos, cada unidade experimental foi irrigada, durante os primeiros 30 dias a cada quatro dias, com 100 mL de água não salina. Em seguida foram efetuadas lavagens do solo aos 30, 60, 90 e 120 dias após a aplicação do gesso e do ácido sulfúrico, visando lixiviação dos sais com volume d'água não salina equivalente a duas vezes a porosidade total do solo. Aos 155 dias após iniciadas os tratamentos foram coletadas amostras de solo para determinação do pH, condutividade elétrica, teores solúveis de cálcio, magnésio e sódio

do extrato de saturação e de sódio trocável do solo (LEITE et al., 2007).

O gesso utilizado no experimento continha de 25 a 28% de CaO, 14 a 17% de S, 68% de gesso solúvel em água e umidade de 21%. As frações granulométricas foram: partículas com diâmetro <2 mm (100%); partículas com diâmetro <0,84 mm (70%) e partículas com diâmetro <0,30 mm (50%). Utilizou-se nesta pesquisa, ácido sulfúrico concentrado com densidade (d) = $1,84\ kg\ L^{-1}$, grau de pureza de 95 a 97 % e molaridade (M) equivalente a $98,08\ g\ mol^{-1}$.

A massa de gesso equivalente a cada dose foi incorporada na metade superior da massa do solo, seguida de irrigação com 220 mL de água. Quanto ao ácido sulfúrico o volume de cada dose foi adicionado a 220 mL de água e aplicado nas unidades experimentais.

Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e por regressão polinomial, utilizando-se o Programa de Análises Estatísticas (SAEG, 2000).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da interação corretivos químicos x doses (Tabela 3) constatou-se que o ácido sulfúrico e o gesso exerceram efeitos significativos sobre as características indicadoras dos solos afetados por sais, expressas pela condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes) e pH da pasta saturada. Os corretivos químicos interferiram significativamente também nos teores solúveis de cálcio, magnésio, sódio, nos teores de sódio trocável do solo e na porcentagem de sódio trocável (PST) avaliados no final do experimento.

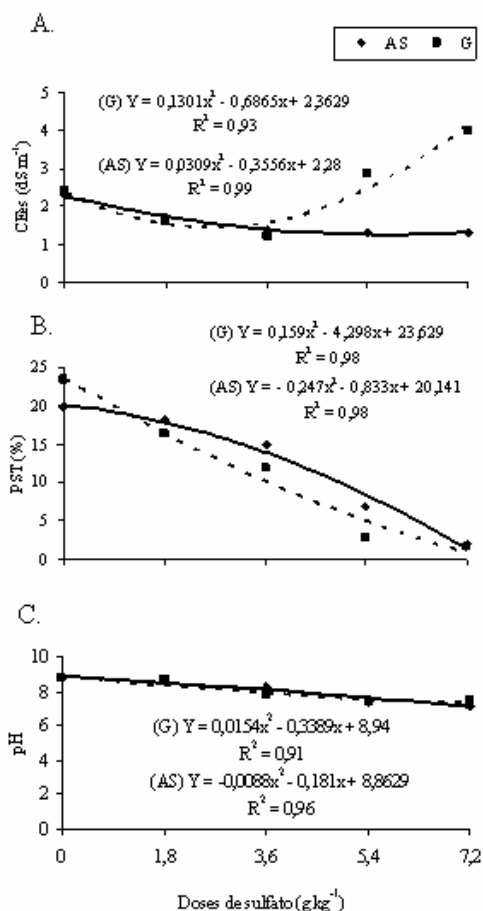


Figura 1. Valores da condutividade elétrica do extrato de saturação (A), porcentagem de sódio trocável (B) e pH (C) de um solo salino-sódico em resposta à aplicação dos corretivos químicos: ácido sulfúrico (AS) e gesso (G).

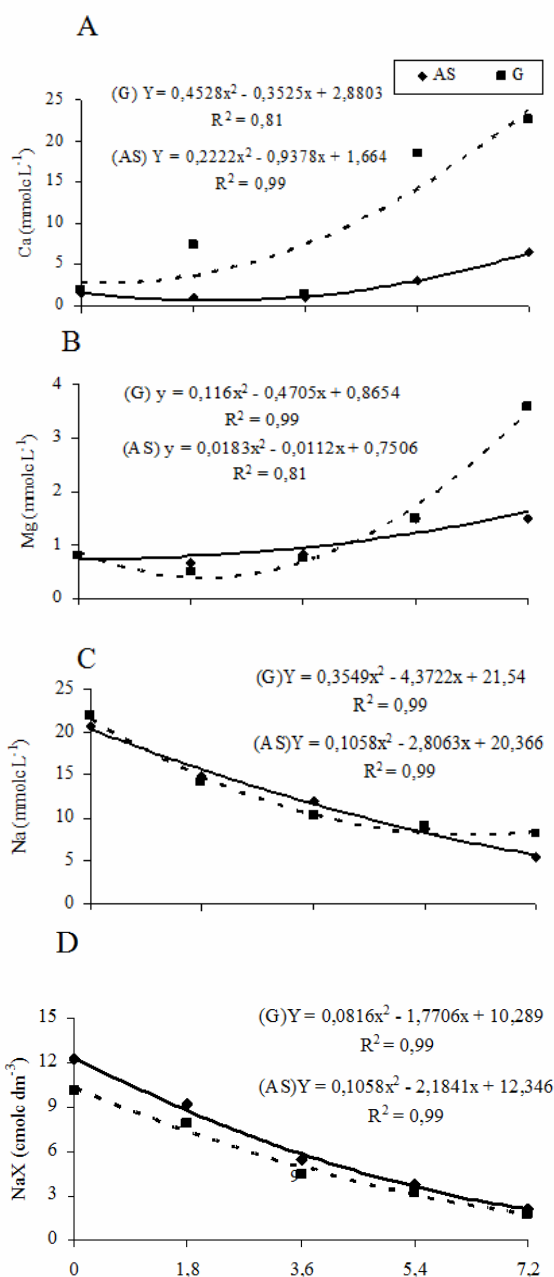


Figura 2. Valores solúveis de cálcio (A), magnésio (B), sódio do extrato de saturação (C) e de sódio trocável (D) de um solo salino-sódico, em resposta à aplicação dos corretivos químicos ácido sulfúrico (AS) e gesso (G)

Dentre as variáveis de classificação analisadas (indicadores de salinidade) (Figura 1) observase, aos 155 dias após iniciado o tratamento e realizadas as quatro lavagens do solo, aumento da condutividade elétrica nos tratamentos com doses de sulfato superiores a $1,8\ g\ kg^{-1}$ oriundos do gesso (Figura 1A) e redução com aumento das doses de sulfato (SO_4^{2-}) na forma de ácido sulfúrico. Ambas as situações evidenciam ação positiva dos corretivos na melhoria química dos solos degradados por sódio, corroborando os resultados observado por Niazi et al. (2001), Santos et al. (2005) e Leite et al. (2007).

Tabela 3. Resumos das análises de variância referentes a condutividade elétrica (CEes), pH, teores de cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), sódio (Na^+) do extrato de saturação, do teor de sódio trocável (Na^+x) e porcentagem de sódio trocável (PST) do solo em função do ácido sulfúrico e gesso aplicados a um solo salino-sódico.

FV	GL	Quadrado médio						
		CEes	PST	pH	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	Na^+X
CQ	1	5,18**	11,16 ^{ns}	0,36 ^{ns}	424,96**	0,96**	1,12 ^{ns}	6,08 ^{ns}
DC	4	1,84**	405,09**	4,29**	309,17**	3,86**	196,33**	81,88**
CQ x DC	4	2,32**	12,64*	0,54**	152,03**	1,39**	4,13**	1,09**
Resíduo	20	0,03	3,44	0,11	2,45	0,08	0,91	0,49
Total	29	-	-	-	-	-	-	-
CV (%)	-	8,08	15,62	4,09	24,24	22,94	7,61	11,43

FV = Fonte de variação; CQ = Corretivos químicos; DC = Doses de corretivos; CV = Coeficiente de variação; ns = não significativo; * e ** = respectivamente significativos para $p \geq 0,05$ e $p \geq 0,01$

Pela superioridade da CEes (Figura 1A) e a maior redução da PST (Figura 1B) verifica-se maior eficiência do gesso comparado ao ácido sulfúrico, no deslocamento de sódio do complexo argílico ou dos pontos de troca para a solução do solo, sendo paulatinamente lixiviado com as sucessivas lavagens. Contudo, resultados contrários foram observados por Yahiat et al. (1975) e Sadiq et al. (2003) ao obterem maior eficiência do ácido sulfúrico sobre o gesso, na diminuição da sodicidade de um solo salino-sódico, indicando que outros fatores com textura do solo, teor e tipo de argila podem afetar a eficiência dos corretivos químicos.

Quanto à alcalinidade, apesar da interação corretivos químicos x doses exercer efeitos significativos sobre o pH, verifica-se na Figura 1C ação semelhante de ambos os corretivos com o aumento das doses fornecidas. O ácido sulfúrico quando adicionado nas doses mais elevadas (5,4 e 7,2g SO_4^{2-} kg^{-1}) reduziu mais significativamente o pH da solução do solo, comparativamente ao gesso. Estes resultados estão de acordo com os obtidos por Hernandez e Gonzalez (1995), após constatarem maior redução de pH em solo salino-sódico sob doses de ácido sulfúrico e gesso, respectivamente. Para Hernandez e Gonzalez (1995) e Niazi et al. (2001), a maior eficiência do ácido sulfúrico sobre o gesso na redução ao pH é devido ao seu caráter ácido que contribui para maior incremento de hidrogênio ao solo e, com efeito, no maior declínio da alcalinidade.

Os maiores valores da condutividade elétrica do solo observados nas doses de sulfato acima de 1,8 g kg^{-1} (Figura 1A) e a menor da porcentagem de sódio trocável (Figura 1B) são respostas dos maiores conteúdos de cálcio (Figura 2A) e de magnésio (Figura 2B) nos tratamentos com gesso. Apesar do aumento das doses de gesso elevar a condutividade elétrica do extrato de saturação não significa que o corretivo químico eleva o nível da salinidade em relação ao que o solo possuía antes da aplicação dos

tratamentos (Tabela 1). O gesso, mesmo sendo de baixa solubilidade, próximo de 2g L^{-1} , é um sal que também se dissolve com a manutenção do solo úmido. Nesse sentido, com a sua solubilização o teor de cálcio solúvel aumenta na solução do solo (LEITE et al., 2007). O cálcio, além de participar como componente do complexo do solo, reage com o sódio dos sítios ou pontos de troca e o desloca-o para a solução proporcionando sua lixiviação com as lavagens do solo. O gesso, ao longo do tempo, também contribui para a melhoria física do solo proporcionando a solubilização e lixiviação de outros componentes químicos como os sais de magnésio, resultando em maior conteúdo do elemento na solução do solo. O aumento temporário da condutividade elétrica decorrente da elevação das doses do condicionador químico fornecido, não representa riscos de degradação química ou física do solo (LUQUE; PEIMEMANN, 1995; CAVALCANTE et al., 2002), ao contrario, reflete melhoria em termos químicos e físicos das terras degradadas por sódio. Dessa forma, constatam-se que as maiores disponibilidades de cálcio proporcionadas pelo gesso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) resultam em maiores transferências do sódio, da forma trocável para a forma solúvel, que é lixiviado pela ação da lavagem, mantendo-se em menor conteúdo tanto na solução (Figura 2C) como no complexo argílico do solo (Figura 2D).

Aos 155 dias após a aplicação dos tratamentos, a adição de ácido sulfúrico (AS) e do gesso (G) promoveu diminuição da condutividade elétrica do extrato de saturação de 8,35 para até menos de 2 dS m^{-1} (AS) e 5 dS m^{-1} (G) (Figura 1A), da porcentagem de sódio trocável de 47,03 para até menos 5% (Figura 1B) e o pH reduziu de 9,2 para valores abaixo de 7 (AS) e de 8 (G), conforme indicado na Figura 1C. Observa-se também que os teores de cálcio do extrato de saturação aumentaram de 2,25 para até próximo de 5 (AS) e de 30 mmolc L^{-1} (G) (Figura 2A). As concentrações de magnésio nos tratamentos

com ácido sulfúrico não foram alteradas. Contudo, no tratamento do gesso o teor de Mg foi elevado de 1 para até mais de 3 mmol_c L⁻¹ (Figura 2B). No mesmo período, os teores de sódio no extrato de saturação do solo foram reduzidos de 79,78 para até menos de 10 (AS) e de 15 mmol_c L⁻¹(G), (Figura 2C) e no complexo de troca reduziu de 10 para até menos de 3 (AS) e de 2 cmol_c dm⁻³ (G) (Figura 2D). Essas situações indicam ação positiva de ambos os corretivos químicos na redução da salinidade, da sodicidade e da alcalinidade do solo.

CONCLUSÕES

O ácido sulfúrico e o gesso proporcionam redução da sodicidade e da alcalinidade, tornando o solo mais indicado para o cultivo dos vegetais;

Os corretivos utilizados promoveram aumentos nos teores de cálcio e magnésio na solução do solo, implicando no aumento da disponibilidade destes macronutrientes às plantas cultivadas;

O gesso apresentou maior potencial para deslocar o sódio do complexo de troca, podendo ser melhor indicado para reduzir o teor deste elemento em solos afetados por sais.

REFERÊNCIAS

- BARROS, M. F. C. et al. Recuperação de solos afetados por sais pela aplicação de gesso de jazida e calcário do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 8, n. 1, p. 59-64, 2004.
- BARROS, M. F. C. et al. Influência da aplicação de gesso para correção de um solo salino-sódico cultivado com feijão caupi. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v. 9, n.1, p. 77-82, 2009.
- CAMPOS, M. C. C. et al. Alterações nos atributos físicos e químicos de dois solos submetidos à irrigação com água salina. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 2, p. 61-67, 2009.
- CAVALCANTE, L. F. Solos afetados por sais e seu manejo. In: **Curso de atualização em fertilidade do solo**. Areia: CCA/UFPB. 1986. 22 p.
- CAVALCANTE, L. F. et al. **Solo e meio ambiente nas áreas irrigadas**. Areia: CCA/UFPB. 2001. p. 1-40. (Boletim técnico científico, 8).
- CAVALCANTE, L. F. et al. Produção do maracujazeiro-amarelo irrigado com água salina em covas protegidas com podas hídricas. **Irriga**, Botucatu, v. 10, n. 3, p. 229-240, 2005.
- CAVALCANTE, L. F. et al. Melhoria química e física de um solo salino sódico tratado com matéria orgânica e cultivado com leguminosas forrageiras. **Ciência Agrícola**, Rio Largo, v. 6, n. 1, p. 27 - 35, 2002.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Análises químicas. In: _____. **Manual de métodos de análise de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: CNPS, 1997. pte 2, p. 81-181.
- GOMES, E. M.; GHEYI, H. R.; SILVA, E. F. F. Melhorias nas propriedades químicas de um solo salino-sódico e rendimento de arroz, sob diferentes tratamentos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 3, p. 355-61, 2000.
- HERNANDEZ, R. R.; GONZALEZ, M. A. Effect of chemical amendments on the reclamation of saline and sodic soils of the Colombian tropical dry forest zone. **Acta Agronomy**, Maringá, v. 45, n.1, p. 61-70, 1995.
- HOLANDA, J. S. et al. Alterações nas propriedades químicas de um solo aluvial salino-sódico decorrentes da subsolagem e do uso de condicionadores. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 22, n. 3, p. 387-394, 1998.
- IZHAR, U. H. et al. Effect of horizontal flushing on the reclamation of sodic soils and yield of fodder crops after gypsum application. **Internacional Journal of Agriculture and Biology**, New York, v. 3, n.3, p. 323-325, 2001.
- LEITE, E. M. et al. Correção da sodicidade de dois solos irrigados em resposta à aplicação de gesso agrícola. **Irriga**, Botucatu, v. 12, n.2, p. 168-176, 2007.
- LUQUE, J. L.; PEINEMANN, N. Effects of amendments on the spatial change and volumetrics of vertic horizons. **Turrialba**, Sao Jose, v. 45, n.3/4, p. 114-119, 1995.
- NIAZI, B. H. et al. Comparission of sand, gypsum and sulfuric acid to reclaim a saline sodic soil. **International Journal of Agriculture and Biology**, New York, v. 3, n. 3, p. 316 - 318, 2001.
- MELO, R. M. et al. Correção de solos salino-sódicos pela aplicação de gesso mineral. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 4, p. 376-380, 2008.
- MIRANDA, M. F. A. et al. Correção de solo salino-sódico com soluções de cloreto de cálcio cultivado com sorgo Sudanense. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.21, n.5 (número especial), p.18-25, 2008.

RIBEIRO, M. R.; BARROS, M. F. C.; FREIRE, M. B. G. S. Química dos solos salinos e sódicos. In: MELO, V. F.; ALLEONI, L. R. F. (Ed.). **Química e mineralogia do solo**, 1. ed. Viçosa, MG: SBCS, p.449-484. 2009.

RICHARDS, L. A. **Diagnostico y rehabilitacion de suelos salinos y sodicos**. Mexico: Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de America, 1974. 172 p. (Manual de Agricultura, 60).

SADIQ, M. et al. Amelioration of salt affected soil. **Pakistan Journal of Agronomy**, Lahore, v. 2, n.3, p. 138-145, 2003.

SAEG. **Sistema para análise estatística**: versão 7.1. Viçosa: Fundação Arthur Bernardes, 2000. 1 CD-ROM.

SANTOS, M. F. G. et al. Solo tratado com gesso agrícola, composto de lixo urbano e vinhaça. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 9, n. 3, p. 307-313, 2005.

VITAL, A. F. M. et al. Comportamento de atributos químicos de um solo salino-sódico tratado com gesso agrícola e fósforo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 9, n. 1, 30-36, 2005.

YAHIAI, T. A.; MIYAMOTO, S.; STROEHLEIN, J. L. Effect of surface applied sulfuric acid on water penetration into dry calcareous and sodic soils. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v. 39, n. 1, p. 1201-1204, 1975.