

MODO DE APLICAÇÃO E DOSES DE FOSFOGESSO SOBRE A
CONDUTIVIDADE HIDRAULICA, pH E LIXIVIAÇÃO DE
SÓDIO DE UM SOLO SALINO-SÓDICO DA PARAIBA*

Lourival F.Cavalcante**
Ronaldo I.Silveira***

RESUMO

O trabalho foi realizado com amostras de um solo salino sódico do Perímetro Irrigado de São Gonçalo - Souza-PB, coletadas a 30 cm de profundidade. As amostras foram acondicionadas em tubos de polietileno com 5 cm de diâmetro e

* Entregue para publicação em 21-02-85. Trabalho realizado com apoio financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)

** Departamento de Solos e Engenharia Rural, CCA/UFPB / Areia/PB.

*** Departamento de Solos, Geologia e Fertilizantes, E. S.A. "Luiz de Queiroz"/USP/Piracicaba/SP.

40 cm de altura, com capacidade para um quilo de terra. Em função do teor de só dio trocável determinou-se a necessidade de gesso e foram aplicadas 32 g (dose-1) e 64 g (dose-2) de fosfogesso da Ultrafértil na superfície e in corporadas de 0 a 15 cm de superfície. Essas doses correponderam a 50 e 100% da exigência máxima de gesso pelo solo. Em seguida aplicou-se água correspondente ao volume de poros, registrou-se o tempo inicial e final de lixiviação e o volume drenado nesse período para o cálculo da condutividade hidráulica. Após cessar a lixiviação as colunas foram desmontadas e divididas em seis amostras de 5 cm, de onde determinou-se o pH, condutividade elétrica, teor de sódio solúvel do extrato de saturação 1:5 e a percentagem de sódio remanescente. Os resultados evidenciaram efeitos positivos do gesso industrial (fosfogesso) na capacidade de transmissão de água, especialmente quando incorporado na proporção de 50% (dose-1) da necessidade de gesso do solo. Em relação a condutividade hidráulica o fornecimento do corretivo foi mais eficiente quando incorporado do que quando aplicado na superfície do solo. Do ponto de vista químico, os valores de condutividade elétrica, teores de sódio do extrato de saturação e percentagem de sódio remanescente de cada um dos intervalos, indicaram que o fosfogesso foi mais eficiente na lixiviação de sais quando aplicado na superfície. Pelo exposto, o modo de aplicação do fosfogesso mostrou exercer comportamento diferenciado entre as características físicas e químicas do

solo, para uma única lixiviação.

Palavra chave: Salinidade do solo. Cor_{re}ção de solo alcalino.

Introdução

Os solos sódicos e salino-sódicos são aqueles que apresentam teores de carbonato e bicarbonato de sódio superiores a 10me/litro, p^H variando entre 8 e 10 e porcentagem de sódio trocável superior a 15%. Os solos sódicos em geral, apresentam condutividade elétrica do extrato de saturação inferior a 4 mmhos/cm, enquanto nos salino-sódicos esse parâmetro é sempre maior que 4 mmhos/cm (RICHARDS, 1954; KOVDA & SAMOILOVA, 1969).

Esses solos estão mais frequentemente distribuídos nas zonas áridas e semi-áridas, onde a precipitação pluvial e evapotranspiração constituem obstáculos às atividades agrícolas sem irrigação (YADAV, 1981). Como maior consequência os sais de sódio provocam dispersão dos solos na parte superficial, que são translocados para as partes mais profundas do perfil e há formação de camadas de impedimento para o movimento de água e desenvolvimento do sistema radicular das plantas (RHODES, 1968, CAVALCANTE, 1980).

A recuperação desses solos, ou seja a redução dos teores salinos, é feita com ampliação do sistema de drenagem e com aplicação de corretivos que possibilitem a substituição de cálcio do agente recuperador pelo sódio da solução e do complexo de troca dos solos. O corretivo químico mais eficiente é o cloreto de cálcio, porém o mais usado por se menos oneroso é o gesso (ABDEL SALAM, 1983).

MOZHEIKO (1969) apresenta dados de aplicação de

gesso na superfície e incorporado em solos sódicos para um período de trinta e dois anos. Afirma o autor que o gesso fornecido na superfície apresentou maior eficiência do deslocamento de sódio trocável, nos valores de infiltração de água e condutividade hidráulica do solo. Entretanto, concluiu que a dessodicidade total foi obtida após vinte anos de aplicação sistemáticas de gesso.

OPREA *et alii* (1969) forneceram 6, 12 e 24 t/ha de fosfogesso a solos sódicos da Romênia e concluíram que o corretivo, apesar de menos eficiente que o gesso puro, exerceu efeitos progressivos na redução dos teores de carbonato, bicarbonato e de cloreto dos solos e no aumento de produção de arroz. Resultados coerentes foram obtidos por LUCENA *et alii* (1983) para a germinação de feijão caupi e sorgo forrageiro em solo salino-sódico tratado com diferentes doses de fosfogesso.

PEREIRA & SILVA (1977) incorporaram 5, 10, 15 e 20 t/ha de gesso em solos salino-sódicos cultivados com arroz e que apesar de não serem constatadas respostas na produtividade, a diminuição dos teores de sódio, carbonato e bicarbonato e dos valores de condutividade elétrica, p^H e da percentagem de sódio trocável foram mais expressivas da menor para a maior dose fornecida.

Pelo exposto a aplicação de gesso ou de um resíduo que o contenha em solos sódicos e salino-sódicos tem demonstrado efeito significativo na melhoria da estrutura, condutividade elétrica, lixiviação de sais e proporciona condições para o crescimento e desenvolvimento das plantas. Porém o fornecimento de doses excessivas provocam algumas desvantagens como o desequilíbrio entre cálcio e os demais cátions e de enxofre aos outros ânions, ao ponto de induzir desequilíbrio no solo, afetando a absorção e nutrição mineral das plantas (CAVALCANTE & SILVEIRA), 1983). E ainda o excesso de enxofre fornecido aos solos através do gesso ou fosfogesso pode induzir a formação de ácido sulfídrico que é altamente tóxico

às plantas (MOZHEIKO, 1969).

Avaliar o efeito de duas doses de fosfógeno, aplicadas na superfície e incorporadas em um solo salino-sódico, sobre a condutividade hidráulica, condutividade elétrica, pH e caminhamento de sódio no perfil foram os fundamentais objetivos deste trabalho.

MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi realizado com amostras de um solo aluvial salino-sódico do Perímetro irrigado de São Gonçalo, Souza-Paraíba, coletadas entre 0-30 cm de profundidade. Após passado em peneira de 2 mm de malha, foi acondicionado um quilo de solo em colunas de tubo polietileno com 5 cm de diâmetro interno e 40 cm de altura.

Em função do teor de sódio trocável determinou-se por equivalência com cálcio a necessidade máxima de gesso (NG) baseado em RICHARDS (1954). Duas doses equivalentes a 50% de NG (dose-1) e 100% de NG (dose-2) correspondentes a 31 e 62g de fosfógeno foram aplicadas na superfície e incorporadas a 15 cm de profundidade com três repetições

A quantidade de água fornecida em cada coluna correspondeu a uma vez o volume de poros (314 ml). Em seguida forneceu-se o volume de água e registrou-se o tempo para o início de drenagem (t_i) e o tempo para lixiviação constante (t_f), bem como o volume de solução lixiviada nesse intervalo, para o cálculo da condutividade hidráulica saturada, através da expressão: $Q/AT = q = k$ (REICHARDT, 1975).

Após cessado a lixiviação as colunas foram desmontadas e divididas cada uma em seis intervalos de 0-5, 5-10, 10-15, 15-20, 20-25 e 25-30 cm. Nas amostras cor

respondentes a cada um desses intervalos, preparou-se extratos de saturação na proporção de uma parte de solo para cinco partes de água (1:5) e determinou-se o pH, condutividade elétrica, e concentrações de sódio aplicando a metodologia sugerida pela EMBRAPA (1979). Também foi calculado a percentagem de sódio remanescente (PSR) relativo a cada intervalo, procedendo-se a divisão entre os valores finais (após a lixiviação) e os valores iniciais, isto é, antes da aplicação do fosfogesso.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados da tabela 1 mostram o extremo desequilíbrio de cátions provocado pela excessiva concentração de sódio trocável. Essa adversidade justifica a elevada percentagem de saturação de sódio (PSS), percentagem de saturação de base e sobre tudo a demasiada necessidade de gesso para a redução desse cátion, que já causou o abandono do solo para as atividades agrícolas do Perímetro Irrigado de Souza no Estado da Paraíba. Quanto aos teores solúveis em água do extrato de saturação (1:5) observa-se que o solo apresenta características de salino-sódico como indicam o pH, percentagens de sódio trocável (PST), relação de adsorção de sódio (RAS), condutividade elétrica e os teores de sódio, cloreto, carbonado e bicarbonato.

Na tabela 2 os valores de condutividade hidráulica indicam o efeito positivo do gesso industrial sobre a melhoria da transmissividade de água. Tal afirmativa está fundamentada no fato do solo apresentar condutividade hidráulica muito próxima de zero (nula) quando não tratado com nenhuma dose de fosfogesso.

Outro aspecto importante foi constatar que o movimento livre da água foi superior no solo tratado com a menor dose (50% de NG) do corretivo, independente de apli

Tabela 1 - Características químicas do solo antes do fornecimento de fosfogeno, teores trocáveis e solúveis do extrato de saturação (1:5).

Teores Trocáveis		Teores Solúveis (1:5)	
Mat. orgânica (%)	0,21	C.E. 25°C (mmhos/cm)	5,93
PO ₄ ⁻⁻⁻ (meq/100g)	0,14	Classificação	Salino sódico
K ⁺ " "	0,12	K ⁺ (meq/l)	0,10
Na ⁺ " "	61,25	Na ⁺ "	139,87
Ca ⁺⁺ " "	5,20	Ca ⁺⁺ "	0,18
Mg ⁺⁺ " "	2,00	Mg ⁺⁺ "	0,10
H ⁺ +Al ⁺⁺⁺ " "	1,30	Sc "	140,25
S " "	68,57	RAS (meq/q) ^{1/2}	373,98
CTC " "	69,87	Sa (meq/l)	138,10
PSS (%)	87,60	PST (%)	
V "	97,82	Cl ⁻ (meq/l)	62,35
Necessidade de gesso (NG)		CO ₃ ⁻⁻ "	18,44
a) g/kg de solo	42,16	HCO ₃ ⁻ "	51,75
b) t/ha	186,00	SO ₄ ⁻⁻⁻ "	5,56
p ^H	10,50	p ^H	10,50

$$S = Ca^{++} + Mg^{++} + Na^{+} + K^{+}$$

$$CTC = S + H^{+} + Al^{+++}$$

$$PSS = 100 Na^{+} / S$$

$$V = 100S/CTC$$

Sc = Soma de cátions

Sa = Soma de ânions

$$RAS = \frac{Na^{+} (Ca^{++} + Mg^{++})^{1/2}}{100 (0,00212RAS - 0,0135)}$$

$$PTS = \text{Percentagem de sódio trocável} = 1 + (0,00212RAS - 0,0135)$$

PSS = Percentagem de saturação de sódio

TABELA 2 - Tempo gasto para início da drenagem (ti), tempo total gasto (tf) para Lixiviação constante e condutividade hidráulica (k) ao nível de saturação do solo.

Tratamento	Dose - 1		Dose - 2	
	ti	tf	ti	tf
	----- min-----	cm/h	-----min-----	cm/h
Gesso incorporado	59,30	282,70	57,67	286,00
Gesso na superfície	85,00	282,33	104,00	289,00

cada na superfície ou incorporada a 15cm de profundidade. Resultados em acordos com os de KHOSLA & ABROL(1972) ao concluírem que o gesso fornecido na proporção de 50% da necessidade de cálcio de um solo salino-sódico apresentou os melhores resultados em termos de lixiviação dos sais e da condutividade hidráulica e estruturação dos solos.

Os valores da condutividade hidráulica (k) referente ao gesso industrial (fosfogesso) aplicado na superfície foram, em ambas as doses, bastante inferiores em relação ao corretivo químico incorporado ao solo. Apresentando ainda a desvantagem dos dados de (k) correspondentes a dose-2 serem inferiores aos da dose-1 respectivamente. Esses resultados contradizem os de MOZHEIKO(1969) e GOBRAN *et alii* (1982) ao concluírem que o gesso fornecido na superfície do solo proporciona melhor estruturação

Do ponto de vista químico percebe-se na tabela 3 que o fornecimento do fosfogesso na superfície, apesar de maior p^H , mostrou ser mais eficiente na lixiviação de sódio que quando incorporado ao solo, conforme revelamos valores de condutividade elétrica, conteúdo de sódio e percentagem de sódio solúvel remanescente. Comportamento em acordo com MOZHEIKO (1969) e GOBRAN *et alii* (1982).

Quase não constata-se diferenças (tabela 3) entre os valores da dose-1 para a dose-2 para mesmo modo de aplicação na superfície, exceto no intervalo 0-5 da dose-1 incorporada em relação ao mesmo intervalo referente a dose-2. Informação coerente com KHOSLA e ABROL (1972) ao constatarem que dentre várias doses de gesso aplicadas a um solo salino-sódico, os melhores resultados corresponderam a 50% da necessidade máxima de gesso.

Os resultados indicam que, independente da dose e da forma de aplicação, o fosfogesso mostrou-se eficiente no deslocamento de sódio trocável do solo, especialmente na menor quantidade aplicada (tabela 3), uma vez que pos

TABELA 3 - Valores de pH, condutividade elétrica (CE), pH e percentagem de sódio remanescente (PSR) determinado no extrato de saturação 1:5 correspondentes a cada intervalo de 5cm das colunas de solo.

Tratamento	Intervalo	pH	C.E. 25 °C	Na ⁺	PSR
	cm	-	mmhos/cm	meq / l	%
Dose - 1 Incorporado	0 - 5	7,50	2,55	3,57	2,55
	5 - 10	7,40	2,75	6,12	4,38
	10 - 15	7,20	2,90	11,22	8,02
	15 - 20	8,10	1,35	12,24	8,75
	20 - 25	9,60	0,62	13,18	9,42
	25 - 30	9,60	0,69	14,10	10,08
Dose - 1 Superfície	0 - 5	8,80	0,28	6,63	4,74
	5 - 10	9,60	0,32	7,14	5,10
	10 - 15	9,70	0,36	7,82	5,59
	15 - 20	9,70	0,37	8,22	6,31
	20 - 25	9,70	0,41	8,50	6,08
	25 - 30	9,70	0,42	9,33	6,67
Dose - 2 Incorporado	0 - 5	6,80	2,95	5,97	4,27
	5 - 10	6,80	2,86	6,80	4,86
	10 - 15	6,80	2,97	7,65	5,47
	15 - 20	6,80	2,79	7,34	5,25
	20 - 25	9,60	0,65	12,84	9,18
	25 - 30	9,70	0,68	13,95	9,97
Dose - 2 Superfície	0 - 5	8,80	0,29	6,65	4,75
	5 - 10	9,70	0,36	7,30	5,22
	10 - 15	9,70	0,37	8,12	5,81
	15 - 20	9,80	0,40	9,01	6,44
	20 - 25	9,80	0,42	9,35	6,68
	25 - 30	9,80	0,42	12,41	8,87

PSR = Percentagem de sódio remanescente. Relação entre os teores de sódio da Tabela 3 com os da Tabela 1.

sibilitou maior transmissividade da água. Justificativa para os menores teores de sódio solúvel nas camadas mais superficiais das colunas e constando o benefício desse corretivo na lixiviação de sais do solo. Mas, por outro lado, o modo de aplicação mostrou exercer efeito diferenciado entre as propriedades físicas e químicas.

CONCLUSÕES

Apesar da boa coerência com dados internacionais, a excessiva necessidade de gesso por este solo basicamente não justifica economicamente o fornecimento de fosfogesso com o objetivo de sua recuperação, como inclusive advertem CAVALCANTE & SILVEIRA (1983).

Porém deve esse corretivo químico, ou outro recuperador de solos sódicos e salino-sódicos, ser aplicado nos solos dos perímetros irrigados com a finalidade de prevenir que as áreas atualmente produtivas ternem-se, no futuro, também imprestáveis à agricultura.

SUMMARY

PHOSPHOGYPSUM APPLIED IN SURFACE AND MIXED AT SOIL ON HYDRAULIC CONDUCTIVITY, pH AND LEACHING OF SODIUM OF ONE SALINE SODIC SOIL

Samples of a saline-sodic soil (of the Irrigated Perimeter of São Gonçalo, Souza town, Paraíba State - Brazil) that has 61.25 me/100 of exchangeable sodium, were collected at depth 0-30 cm and phosphogypsum was

applied in two levels (50% and 100% of the gypsum requirement - GR of the soil). The study was realized with the soil put in column of paltic tube of 40 cm of tall and 5 cm of diametr. Both the quantities of the phosphogypsum (31 g (level-50% GR) and 62 g (level-100% GR)) were applied in the surface of the soil and too incorporated at depth 0-15 in such column. The water volume applied was 314 me and the time for star and the finish the leaching was read for to evaluate the hydraulic conductivity. In the end of the leaching each column was dismanted and divided in six parts of 5 cm that were made saturation extracts (1:5) of where were determinated p^H , electric conductivity, soluble sodium content and the remaining sodium percentage (RSP).

The data evidencied positive effects of the phosphogypsum on hydraulic conductivity of the soil, especially when the chemical corretive was incorpored at 15 cm under surface of the soil. The hydraulic conductivity (k) valours showed that the less level (50% GR) was more efficient than great level (100% GR of the soil). The data of k for the phosphogypsum incorporated vere 2.45 cm/h (level-50% GR) and 1.41 cm/h to level 100% of the gypsum requirement of the soil. In spite the chemistry aspects the electric conductivity data, soluble sodium contents and calours of remaining sodium percentage (RSP) of each interval of 5 cm of the columns, indicated that the phosphogypsum were more efficient in the displacement of exchangeable sodium when it was appliaed in the susurface of the soil. This way the chemical corretive showed to exercise differenced behaviour on physical and chemical properties of the soil alike its way of applications at soil.

Key wor. Soil salinity. Alkalinity soil.

LITERATURA CITADA

- ABDEL-SALAM, M., 1983. Uso de gesso na correção de solos alcalinos do Egito. Tradução para a Língua portuguesa de CAVALCANTE, L.F. **Anais do CPG em Manejo e Conservação de Solos**. Ano - V. CCA/UFPB/Areia/PB. 40-60.
- CAVALCANTE, L.F., 1980. **Sais e seus problemas**. CCA/UFPB/Aracá/PB. 78 p.
- CAVALCANTE, L.F. & R.I.SILVEIRA, 1983. Efeito do fosfogesso industrial sobre a redução de sódio, carbonato, bicarbonato e cloreto de um solo salino-sódico do Nordeste. I: Análise das soluções lixiviadas. **Anais do CPG em Manejo e Conservação de Solos**. Ano-V. CCA/UFPB/Aracá/PB. 1-10.
- EMBRAPA-SNLCS. 1979. **Manual de métodos de análises de solo**. Rio de Janeiro.
- GOBRAN, G.R.; J.E.DUFEY; H. LAUDELOUT, 1982. The use of gypsum for preventing soil sodification: Effect of gypsum particle size and locations in the profile. **Journal Soil Sci.**, **33**:309-316.
- KHOSLA, B. & I.P.ABROL, 1972. Effect of gypsum fineness on the composition of saturation extract of a saline sodic soil. **Soil Sci.**, **113** (3):204-206.
- KOVDA, V.A. & E.M. SAMOILOVA, 1969. Some problems of soda salinity. **Proc. of the Symposium on the reclamation of sodic and soda-saline soils**. Budapest. 21-36.
- LUCENA, E.R.; R.I.SILVEIRA; L.F.CAVALCANTE, 1983. Germinação de feijão de corda e sorgo forrageiro num solo salino-sódico tratado com gesso industrial. **Anais do CPG em Manejo e Conservação de Solos**. Ano - V. CCA/UFPB/Areia/PB. 29-39.

- MOZHEIKO, A.M., 1969. Chemical reclamation of sodic solonchets in the Southern part of the Middle Dnieper Region by the application of gypsum and calcium chloride. **Proc. of the symposium of the reclamation of sodic and soda-saline soils.** Budapest. 310-314.
- OPREA, C.V.; G.H. SANDU; E. ETEPANESCH; I.VLAS, 1969. Reclamation of sodic soils in Rumania. **Proc. of the symposium of the reclamation of sodic and soda-saline soils.** Budapest. 321-328.
- PEREIRA, E. & J.F.DA SILVA, 1977. efeito de diferentes níveis de gesso na correção de solos salino - sódicos do Perímetro Irrigado de Poço da Cruz. **Anais do III Seminário Nacional de Irrigação e Drenagem.** Fortaleza. Vol. III: 219-234.
- REICHARDT, K. 1975. **Processos de transferência no sistema Solo-Água-Planta-Atmosfera.** Publicação especial da Cargill. CENA/USP/piracicaba/SP. 278 p.
- RHODES, J.D., 1968. Leaching requirement for exchangeable sodium control. **Soil Sci. Soc.Amer.Proc., 33:** 652-656.
- RICHARDS, L.A., 1954. **Diagnosticos y rehabilitación de suelos salinos y sódicos.** Manual de agricultura de los Estados Unidos de America. 172 p.
- YADAV, J.S.P., 1981. Salt affected soils and their management in India. **Proc. of the Hungaro - Indian seminar on salt affected soils.** Budapest. 29-46.