

FORMAS DE POTÁSSIO EM REGOSSOLOS DO ESTADO DA PARAÍBA ¹

LUCIA HELENA GARÓFALO CHAVES ²e MARCELO MINÁ DIAS³

RESUMO - Este trabalho teve como objetivo determinar as formas de potássio em regossolos do Estado da Paraíba e correlacioná-las entre si. Os parâmetros analisados foram K trocável, K não-trocável, K total, K extraído pelo Bray 1, potencial de potássio e poder tampão de potássio (PTK). As formas de potássio mostraram-se altamente correlacionadas entre si. O potássio não-trocável não se correlacionou com o potencial de potássio. Os solos apresentaram baixo PTK, indicando possibilidade de perdas do nutriente por lixiviação.

Termos para indexação: poder tampão de potássio, nutrientes, lixiviação.

FORMS OF POTASSIUM IN REGOSOL OF THE STATE OF PARAÍBA, BRAZIL

ABSTRACT - This research was carried out to determine different forms of potassium in regosol of the State of Paraíba, Brazil and to establish the possible relationships among them. The following parameters were analyzed: exchangeable K, nonexchangeable K, total K, K extracted by Bray 1, potassium potential and potassium buffering capacity (PBC). High relationships were found between the different forms of soil potassium. The nonexchangeable K did not present relationship with potassium potential. The soils studied presented low PBC, indicating possible nutrient losses through leaching.

Index terms: potassium buffering capacity, nutrients, lixiviation.

INTRODUÇÃO

O potássio do solo é caracterizado pelas formas com que se apresenta, muitas das quais indisponíveis para os vegetais. A maioria dos pesquisadores concorda que o potássio se encontra no solo nas formas: componente estrutural, temporariamente aprisionado entre as camadas de argila laminares expansivas, trocável e solúvel (Potafos, 1990).

A planta absorve apenas o potássio presente na solução do solo e o seu suprimento é governado pelo equilíbrio entre as formas trocável e em solução. Quando a concentração do potássio na solução atinge valores muito baixos, o equilíbrio é manti-

do pela liberação do potássio estrutural (Mielniczuk, 1977).

O diagnóstico do estado de carência de potássio baseia-se, normalmente, no teor de potássio trocável. As pesquisas têm demonstrado correlações consistentes entre as respostas das culturas e os teores de potássio nessa forma (Rajj, 1981). Porém, como a quantidade presente no solo depende da capacidade de troca catiônica do solo (CTC), tipo de argila e íon complementar, o potássio trocável não deve ser tomado como índice de suprimento (Braga, 1972). O poder de suprimento de potássio às plantas resulta do teor do elemento e também das formas em que se encontra no solo. Isto já foi comprovado em vários trabalhos, que demonstraram a importante contribuição de formas não-trocáveis de potássio na nutrição de plantas (Patella, 1980; Nachtigall & Vahl, 1991a, 1991b; Melo et al., 1995).

No Estado da Paraíba, a principal área de ocorrência dos regossolos localiza-se na Meso-região do Agreste da Paraíba (IBGE, 1990). Em virtude principalmente do clima da região, a área é intensamente ocupada com culturas de subsistência. A baixa ferti-

¹ Aceito para publicação em 6 de abril de 1996.

Extraído do trabalho apresentado pelo segundo autor ao Centro de Ciências Agrárias, como requisito para obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.

² Eng. Agr., Dr., Prof. Adjunta, Dep. de Engen. Agríc., CCT/UFPB, CEP 58109-970 Campina Grande, PB.

³ Eng. Agr., Rua Dom Pedro I, 410, CEP 58107-615 Campina Grande, PB.

lidade desses solos e a remoção constante de seus nutrientes fazem com que seja necessária constante reposição pela adubação, inclusive de potássio. A aplicação de fertilizante potássico depende, entre outros fatores, do conhecimento da capacidade do solo em suprir o nutriente e dos fatores que afetam a sua disponibilidade, a qual está relacionada com as formas nas quais o potássio pode ser encontrado no solo.

Este trabalho teve como objetivo determinar as formas de potássio presentes em regossolos do Estado da Paraíba e as relações entre elas.

MATERIAL E MÉTODOS

Os solos estudados neste trabalho ocorrem no Estado da Paraíba e, segundo Brasil (1972), são classificados como Regossolo distrófico (REd) e Regossolo eutrófico (REe1).

Foram utilizadas amostras do horizonte Ap de cinco perfis do REd e quatro perfis do REe1, coletadas em vários locais do Estado. As amostras de terra foram secas ao ar, destorroadas, passadas em peneira com malha de 2 mm e caracterizadas química e fisicamente segundo os métodos de Vettori (1969) e Bouyoucos (1951), respectivamente (Tabela 1).

O potássio trocável foi extraído com o uso de acetato de amônio 1 N a pH 7 (Pratt, 1965); o potássio não-trocável foi obtido segundo técnica do ácido nítrico 1 N com dez minutos de fervura (Rouse & Bertramson, 1949); o potássio total foi extraído com ácido fluorídrico mais ácido perclórico concentrado, segundo a técnica de Jackson (1958); e o potássio disponível foi obtido pelo método Bray 1 (Bray, 1947).

Para se determinar a relação quantidade/intensidade (Q/I), foram preparadas soluções de tratamento a partir de soluções estoques de KCl 0,2 M e de CaCl₂ 0,2 M, com a mesma concentração de cálcio (2 mmol/L) e concentrações de potássio que variavam de 0, 0,10, 0,20, 0,31, 0,41, 0,51, 0,64, 0,77 e 1,02 mmol/L. Em tubos de centrífuga, contendo 2,5 g de TFSA, foram adicionados 25 ml de cada solução de tratamento, sendo a solução de referência, sem potássio, também adicionada às amostras menores, 0,5, 1,5, 2,0 e 2,5 g, a fim de se obterem pontos da curva para baixos valores de intensidade. As amostras foram então agitadas durante uma hora e filtradas após duas horas de repouso. Na solução sobrenadante foram analisados potássio, cálcio e magnésio. A diferença entre a concentração inicial e final de potássio na solução representa a quantidade do elemento adsorvido ou desorvido pelo solo (ΔK), sendo usada como medida do fator quantidade. O fator intensidade, representado pela relação $QAK = K/(Ca+Mg)^{1/2}$, foi calculado a partir das atividades de K e de (Ca+Mg) da solução de equilíbrio.

O potencial de potássio foi determinado com relação ao cálcio e magnésio, expresso em função do logaritmo do inverso das atividades iônicas, conforme Fassbender (1978):

$$\text{Potencial de potássio} = pK - 1/2p(Ca+Mg).$$

Os coeficientes de atividade (f) foram calculados de acordo com as leis de Debye-Huckel, descritas por Beckett (1964):

$$\log f: -0,509 \cdot Z^2 \sqrt{I}$$

onde Z é a valência do íon e I é a força iônica da solução calculada por:

$$I = 1/2 \sum C_i Z_i^2$$

sendo C_i concentração molar do íon.

TABELA 1. Características físicas e químicas dos regossolos distrófico (REd) e eutrófico (REe1).

Solo	Perfil	Hor.	Fração granulométrica ¹			Classificação textural	pH (1:2,5)		H ²	Al ²	Ca ²	Mg ²	CTC (pH7)	MO
			Areia	Silte	Argila		H ₂ O	KCl						
			g/kg								mmol _c / dm ³			
REd	01	Ap	880	50	70	Areia franca	4,0	3,0	42,5	7,0	7,5	13,5	71,5	6,0
	02	Ap	840	80	80	Areia franca	5,6	4,3	31,5	1,5	8,0	24,5	68,5	8,5
	03	Ap ₁	840	90	70	Areia franca	4,6	4,0	34,6	2,5	10,0	4,0	52,6	7,6
	04	Ap	840	80	80	Areia franca	5,2	3,7	3,1	3,5	5,0	6,0	18,6	6,5
	05	Ap	840	110	50	Areia franca	7,4	5,6	8,2	0,00	35,0	18,0	68,2	13,6
REe1	01	Ap	880	50	70	Areia franca	6,5	4,6	9,7	1,0	11,0	2,0	16,6	0,35
	02	Ap	810	130	60	Areia franca	5,9	4,2	12,5	1,5	24,0	14,0	55,8	1,11
	03	Ap	800	130	70	Areia franca	5,5	4,1	13,0	1,0	25,0	24,0	67,0	1,28
	04	Ap ₁	830	100	70	Areia franca	5,3	4,2	19,1	1,5	17,0	8,0	5,02	0,85

¹ Bouyoucos (1951).

² Vettori (1969).

A partir dos fatores quantidade e intensidade, calcularam-se, por regressão linear, os seguintes parâmetros:

ΔK_0 = potássio lábil do solo;

QAK_0 = relação de atividade.

Pela relação $\Delta K_0 / QAK_0$ determinou-se o poder tampão de potássio no solo (PTK).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pelos dados da Tabela 2, nota-se que as amostras do REe1 apresentam maiores teores de potássio que as amostras do REd; porém todos os teores do elemento são considerados baixos. Isto pode ser atribuído ao fato de os regossolos, classificados como areia franca (Tabela 1), serem bastante susceptíveis à lixiviação de nutrientes, inclusive potássio. Outra possibilidade seria a pequena contribuição de potássio oriundo de matéria orgânica, cujos teores são baixos nesses solos.

Os teores de potássio total das amostras analisadas variaram entre 0,51 a 1,41 mmol_c/dm³, extremamente baixos em relação aos teores de potássio total encontrados por Castro et al. (1972), que, trabalhando com amostras de regossolo eutrófico sobre fragipã, fase caatinga, dos Estados Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Ceará e Piauí, encontraram teores de potássio total entre 704 e 1.088 mmol_c/dm³. Foram observadas correlações significativas entre os teores de potássio total e as outras formas de potássio analisadas (Tabela 3), estando de acordo

com Acquaye (1973), porém contrário a Prezotti & Defelipo (1987), que, trabalhando com solos do Estado de Minas Gerais, não encontraram correlação entre potássio total e as demais formas do elemento.

Os teores de potássio trocável, variando entre 0,06 e 0,41 mmol_c/dm³, estão abaixo do nível crítico de resposta (2 mmol_c/dm³), segundo Raij (1974), citado por Mielniczuk (1977). Pode-se observar que as amostras de terra que possuem maiores teores de potássio trocável, que representa suprimento a curto prazo, possuem também maiores teores de potássio não-trocável e total, suprimento a médio e a longo prazo, respectivamente (Tabela 2). Isto pode ser confirmado na Tabela 4, que mostra como o potássio trocável está estreitamente relacionado com o potássio total e a forma não-trocável do elemento, concordando com os dados obtidos por Hunter & Pratt (1957), em solos americanos, e por Crisóstomo & Castro (1970), Braga (1972), Mielniczuk & Selbach (1978), Nachtigall & Vahl (1989) e Prezotti & Defelipo (1987), em solos brasileiros. Observa-se também correlação significativa entre potássio trocável e potássio disponível, confirmando os resultados obtidos em solos brasileiros por Oliveira et al. (1971), Braga (1972), Andrade et al. (1978) e Prezotti & Defelipo (1987). Os valores de potencial de potássio nas amostras de terra analisadas variaram entre 0,70 e 1,12 (Tabela 2). Esses valores são inferiores aos obtidos por Defelipo (1974) e Prezotti & Defelipo

TABELA 2. Teores de potássio nas formas total, trocável, não-trocável e disponível e potencial de potássio.

Solo	Perfil	mmol _c /dm ³				Potencial de potássio
		Total	Trocável	Não-trocável	Disponível	
REd	01	0,54	0,10	0,74	0,17	1,12
	02	0,51	0,19	0,55	0,31	1,05
	03	0,89	0,06	0,55	0,19	1,06
	04	0,51	0,08	0,37	0,22	0,85
	05	0,82	0,15	0,74	0,27	0,98
REe1	01	1,33	0,26	0,74	0,28	1,04
	02	1,23	0,35	0,92	0,41	0,73
	03	1,41	0,41	1,10	0,63	0,70
	04	1,41	0,31	1,29	0,41	0,73

TABELA 3. Fator quantidade (ΔK_0), fator intensidade (QAK₀), poder tampão (PTK), equações de regressão para ΔK_0 (Y) em função de QAK₀ (X) e coeficientes de correlação.

Solo	Perfil	ΔK_0 cmol _c /dm ³	QAK ₀ (mmol/L) ^{1/2}	PTK cmol _c /dm ³ (mmol/L) ^{1/2}	Equação de regressão	r
REd	01	0,06	1,02	0,06	Y = - 0,06 + 0,06 X	0,64**
	02	0,12	1,08	0,11	Y = - 0,12 + 0,11 X	0,78**
	03	0,07	1,60	0,05	Y = - 0,07 + 0,05 X	0,47
	04	0,08	0,33	0,24	Y = - 0,08 + 0,24 X	0,83**
	05	0,08	0,51	0,16	Y = - 0,08 + 0,16 X	0,62*
REe1	01	0,08	2,51	0,03	Y = - 0,08 + 0,03 X	0,29
	02	0,10	0,63	0,16	Y = - 0,10 + 0,16 X	0,72**
	03	0,10	0,51	0,20	Y = - 0,12 + 0,20 X	0,63**
	04	0,11	0,54	0,21	Y = - 0,11 + 0,21 X	0,63**

* Significativo pelo teste t a 5% de probabilidade.

** Significativo pelo teste t a 1% de probabilidade.

(1987), com solos de São Paulo e de Minas Gerais, respectivamente, e estão abaixo dos valores médios de potencial de potássio (1,45 a 2,20) considerados por Fassbender (1978) como indicadores de boa disponibilidade de potássio em solução. No entanto, se considerarmos o potássio denominado liberado, que é obtido pela diferença entre o potássio não-trocável e o trocável, e o valor de referência de 3,5 mmol/dm³ como indicadores de bom suprimento de potássio a médio prazo, pode-se constatar, também, que os regossolos analisados possuem baixo poder de suprimento do elemento.

O fato de os teores de potássio disponível, em todas as amostras, terem sido maiores que os teores de potássio trocável indica que o extrator utilizado para obtenção dos primeiros deve estar, eventualmente, extraíndo formas não-trocáveis do potássio.

Na Tabela 3, são apresentados os valores do fator quantidade (ΔK), do fator intensidade (QAK) e do poder tampão de potássio (PTK). Os índices de ΔK_0 variaram desde 0,06 até 0,12 cmol_c/dm³, estando nas mesmas faixas de variação obtidas por Goedert (1973) e Prezzoti & Defelipo (1987), com amostras do Rio Grande do Sul e Minas Gerais, respectivamente. Os dados de PTK são relativamente baixos quando comparados com os obtidos pelos autores acima

citados. Porém, vale ressaltar a dificuldade de um estudo comparativo pela grande diversidade de métodos utilizados na caracterização do potássio nos solos.

No manejo da adubação potássica, é essencial considerar os valores de PTK, uma vez que o tamponamento do potássio no solo é importante para a manutenção da concentração do elemento junto à raiz. Os valores de PTK sendo baixos, como no caso dos regossolos, indicam a grande possibilidade de perda de nutrientes por percolação; por outro lado, o aumento do poder tampão reduz a difusão efetiva do potássio no solo (Meurer & Anghinoni, 1994).

Na maioria das amostras de terra analisadas, os fatores quantidade e intensidade se relacionaram de uma forma linear (Tabela 3), indicando, segundo Defelipo (1974), que nos colóides do solo não existem locais específicos para adsorção do potássio. Apesar de os coeficientes de correlação das equações apresentadas na Tabela 3, em sua maioria, terem sido significativos, quando foram correlacionados os fatores ΔK_0 , QAK₀ e PTK entre si e com as diferentes formas de potássio determinadas nos solos, foram observadas correlações significativas apenas entre o PTK e o potencial de potássio e entre o PTK e QAK₀. Em trabalhos semelhantes a este, outros

TABELA 4. Coeficiente de correlação linear simples entre as várias características relacionadas com o potássio das amostras de terra analisadas.

Característica	Potássio trocável	Potássio não-trocável	Potássio disponível	Potencial de potássio	ΔK^1_0	QAK^2_0	PTK^3
K Total	0,82**	0,81**	0,72*	-0,62	0,31	0,14	0,12
PTK	0,33	0,29	0,52	-0,81**	0,43	-0,87**	
QAK_0	-0,14	-0,23	-0,35	0,61	-0,30		
ΔK_0	0,63	0,44	0,64	0,53			
Potencial de K	-0,74*	-0,64	-0,81**				
K disponível	0,92**	0,76*					
K não-trocável	0,80**						

* Significativo pelo teste t a 5% de probabilidade.

** Significativo pelo teste t a 1% de probabilidade.

¹ Fator quantidade.

² Fator intensidade.

³ Poder tampão.

autores encontraram correlações significativas entre quase todos os fatores acima citados. Isto vem reforçar a idéia de que a relação quantidade/intensidade nos regossolos analisados deve ser determinada por outro método, uma vez que a utilizada induziu distorções dos valores para a curva Q/I. Como os solos têm baixa CTC, acredita-se que seria necessário trabalhar com soluções de tratamento menos concentradas.

CONCLUSÕES

1. Os regossolos estudados têm baixos teores de potássio e as formas do elemento mostram-se altamente correlacionadas entre si, com exceção do potássio não-trocável em relação ao potencial de potássio.

2. O poder tampão de potássio dos regossolos é baixo, indicando a possibilidade de perderem, facilmente, esse nutriente por percolação.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio financeiro, na forma de bolsa de iniciação científica, para Marcelo Miná Dias. À professora Sandra Barreto de Queiroz, do Centro de Ciências Agrárias/UFPA, pela descrição dos perfis estudados neste trabalho.

REFERÊNCIAS

- ACQUAYE, D.K. Factors determining the potassium supplying power of soils in Ghana. In: COLLOQUIUM OF THE INTERNATIONAL POTASH INSTITUTE, 10., 1973, Abidjan, Ivory Coast. *Proceedings*. Abidjan: [s.n.], 1973. p.51-102.
- ANDRADRE, F.P.; DEFELIPO, J.M.; BRAGA, J.M.; ALVAREZ, V.H. Teste de extratores para potássio em quatro solos da região pré-amazônica maranhense. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.2, p.200-204, 1978.
- BECKETT, P.H.T. Studies on soil potassium. II. The immediate Q/I relations of labile potassium in the soil. *Journal of Soil Science*, Oxford, v.15, p.9-23, 1964.
- BOUYOUCOS, G.J. A recalibration of the hydrometer methods for making analysis of soils. *Agronomy Journal*, Madison, v.43, p.434-438, 1951.
- BRAGA, J.M. *Formas de potássio e estabelecimento de nível crítico para alguns solos do Estado de Minas Gerais*. Piracicaba: ESALQ/USP, 1972. 143p. Tese de Doutorado.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Divisão de Agrologia. **I. Levantamento Exploratório - Reconhecimento de solos do Estado da Paraíba**. II. Interpretação para uso agrícola dos solos do Estado da Paraíba. Rio de Janeiro, 1972. 693p. (Boletim Técnico, 15).

- BRAY, R.H. Correlation of soil tests with crop response to added fertilizers and with fertilizer requirement. In: KITCHEN, H.B. **Diagnostic technics for soils and crops**. Washington: The American Potash Institute, 1947. p.53-58.
- CASTRO, A.F.; ANASTÁCIO, M.L.A.; BARRETO, W. O. Potássio disponível em horizontes superficiais de alguns solos brasileiros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Série Agron., Rio de Janeiro, v.7, p.75-80, 1972.
- CRISÓSTOMO, L.A.; CASTRO, A.F. Poder de suprimento de potássio de solos da zona fisiográfica de Baturité, Ceará, Brasil. **Turrialba**, San José, v.20, n.4, p.425-433, 1970.
- DEFELIPO, E.V. **Teores de potássio em solos de Piracicaba e estabelecimento de seu nível crítico**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1974.124p. Tese de Doutorado.
- FASSBENDER, H.W. **Química de suelos**. Turrialba: Instituto Interamericano de Ciências Agrícolas, 1978. 398p.
- GOEDERT, W. J. **Cation equilibria in soils of Rio Grande do Sul, Brazil**. Madison: Univ. Wisconsin, 1973. 200p. Tese de PhD.
- HUNTER, A.H.; PRATT, P.F. Extraction of potassium from soils by sulfuric acid. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v.21, p.595-598, 1957.
- IBGE. Secretaria de Planejamento. **Divisão territorial do Brasil**. Rio de Janeiro, 1990. v.38, 63p.
- JACKSON, M.L. **Soil chemical analysis**. Madison: Englewood cliffs Prentice Hall, 1958. 498p.
- MELO, V.F.; BARROS, N.F.; COSTA, L.M.; NOVAIS, R.F.; FONTES, M.P.F. Formas de potássio e de magnésio em solos do Rio Grande do Sul, e sua relação com o conteúdo na planta e com a produção em plantios de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.19, p.165-171, 1995.
- MEURER, E.J.; ANGHINONI, I. Utilização de modelo mecanístico para avaliação da disponibilidade de potássio em solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.18, p.73-80, 1994.
- MIELNICZUK, J. Formas de potássio em solos do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.1, p.55-61, 1977.
- MIELNICZUK, J.; SELBACH, P.A. Capacidade de suprimento de potássio de seis solos do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 2, p.115-120, 1978.
- NACHTIGALL, G.R.; VAHL, L.C. Capacidade de suprimento de potássio dos solos da Região Sul do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.15, p.37-42, 1991a.
- NACHTIGALL, G.R.; VAHL, L.C. Dinâmica de liberação de potássio dos solos da Região Sul do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.15, p.43-47, 1991b.
- NACHTIGALL, G.R.; VAHL, L.C. Formas de potássio em solos da região sul do Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.13, p.7-12, 1989.
- OLIVEIRA, V.; LUDWICK, A.E. ; BEATTY, M.T. Potassium removed from some southern Brazilian soils by exhaustive croppings and chemical extraction methods. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v.35, p.767-777, 1971.
- PATELLA, J.F. Influência de quinze anos de adubação NPK sobre o rendimento do trigo e algumas propriedades do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.4, p.31-35, 1980.
- POTAFOS. **Potássio: necessidade e uso na agricultura moderna**. Piracicaba: POTAFOS, 1990. 45p.
- PRATT, P.F. Potassium. In: BLACK, C.A. (Ed.). **Methods of soil analysis**. Madison: American Society of Agronomy, 1965. pt.2, p.1022-1030.
- PREZOTTI, L.C.; DEFELIPO, B.V. Formas de potássio em solos do estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.11, p.109-114, 1987.
- RAIJ, B. van. **Avaliação da fertilidade do solo**. Piracicaba: Instituto da Potassa e Fosfato/Instituto Internacional da Potassa, 1981.142p.
- ROUSE, R.D.; BERTRAMSON, B.R. Potassium availability in several Indiana soils. Its nature and methods of evaluation. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v.14, p.113-123, 1949.
- VETTORI, L. **Métodos de análise de solos**. Rio de Janeiro: Equipe de Pedologia e Fertilidade do solo, 1969. 24p. (Boletim Técnico, 7).