

CINÉTICA DE LIBERAÇÃO DO POTÁSSIO EM SOLOS DE REGIÕES CAFEIRAS: EFEITO DE ÁCIDOS ORGÂNICOS

Vladimir Antonio SILVA – EMATER-MG – vladsil@lavras.br; Francisco Dias NOGUEIRA – EPAMIG; Paulo Tácito Gontijo GUIMARÃES – EPAMIG; Luiz Roberto Guimarães GUILHERME – UFLA

RESUMO: Estudos de cinética de liberação de K podem contribuir para a avaliação da sua disponibilidade no solo para as plantas. Este trabalho teve como objetivos investigar a cinética de liberação do potássio nas frações terra fina, areia, silte e argila de dois solos do estado de Minas Gerais, Brasil, originalmente cultivados com cafeeiro e comparar quatro equações para descrevê-la. As frações foram submetidas a oito extrações sucessivas (0 a 665h) com citrato e oxalato $10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$ sendo os resultados de K liberado somados e plotados em função do tempo. Foram comparadas as equações de ordem zero, primeira ordem, Elovich e parabólica de difusão para verificar qual delas melhor descreve a cinética de liberação do K. Na condução do experimento utilizaram-se amostras do horizonte B de um Latossolo Roxo (LR) originado de basalto e uma Terra Bruna Estruturada (TB) originada de sienito nefelínico. Para cada equação foram calculados o coeficiente de correlação (r) e o erro padrão da estimativa (EP). A equação de primeira ordem descreveu melhor os resultados do LR e a equação de Elovich se ajustou melhor aos resultados da TB. As velocidades de liberação do K para o LR foram semelhantes em todas as frações estudadas e não foi observado efeito dos ácidos orgânicos na velocidade de liberação do K porque a maior parte dele era proveniente da forma trocável. Na TB, o citrato acelerou a liberação do K em todas as frações estudadas, tendo a fração silte apresentado maior velocidade, porque a maior parte do K proveniente dela estava na forma trocável.

PALAVRAS CHAVE: Café, potássio, ácidos orgânicos

ABSTRACT: Kinetics studies on the release of potassium from soils can contribute to a better understanding of K availability to plants. This study was conducted to evaluate the kinetics of K release from different soil fractions (whole soil, clay, silt, and sand) of B-horizon samples of a Dusky-Red Latosol (DR, which is a basalt-derived Oxisol) and a Structured-Brown-Earth Soil (SBE, which is a sienite-derived Ultisol), both representative soils from coffee regions of Minas Gerais State, Brazil. Potassium release from each soil fraction was measured by eight successive extractions (0 - 665h) with $10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$ of either citrate or oxalate. First-order, Elovich, zero-order, and parabolic diffusion equations were used to check for the best fit, which was done by correlation as well as least-squares analyses. The kinetics of K release in the DR soil was best described by the first-order equation, whereas the Elovich equation gave the best fit in the SBE soil. All soil fractions of the DR soil behave the same way as for the rate of K release. There were no effect of either citrate or oxalate on the kinetics of K release from the DR soil, which had most of its K supply coming from the exchangeable form. Citrate caused an increase in the rate of K release from the SBE soil. In such soil, the highest rate was observed for the silt fraction, probably because most of its K was in the "exchangeable" form.

KEY WORDS: Coffe, potassium, organic acids

INTRODUÇÃO: As baixas reservas naturais de K na maioria dos solos brasileiros e a insuficiência da produção nacional de fertilizantes potássicos implicam na dependência de sua importação para a cafeicultura. Estudos sobre a mineralogia dos solos e os teores de K nas diferentes formas podem contribuir para o entendimento da dinâmica do nutriente. Extrações sucessivas do potássio com extratores químicos com o ajuste de modelos matemáticos podem simular o efeito da planta em absorver K do solo, disponibilizando resultados em curto prazo e permitem investigar o comportamento do solo e de suas diferentes frações granulométricas quanto à capacidade de fornecimento do K. O uso de soluções de citrato e oxalato em extrações sucessivas apresenta a vantagem de serem esses ácidos orgânicos encontrados em exsudatos radiculares do cafeeiro, envolvidos na liberação do K dos solos. As equações matemáticas mais utilizadas são as de ordem zero (Burns e Barber, 1961), de primeira ordem (Martin e Sparks, 1983; Song e Huang, 1988; Hundal e Pasricha, 1993; Yong-Guan e Jia-Xian, 1993), de Elovich (Hundal e Pasricha, 1993) e

parabólica de difusão (Mortland e Ellis, 1959; Mortland, 1961; Reed e Scott, 1962; Jackson, 1964; Sinclair, 1979; Feigenbaum, Edelstein e Shainberg, 1981; Simard, Kimpe e Zizka, 1992; Cox e Joern 1997). São comparadas através dos valores do coeficiente de correlação (r) e do erro padrão da estimativa (EP); ajustada uma equação, seu coeficiente angular é relacionado à velocidade de liberação do K. Este trabalho teve como objetivo investigar a cinética de liberação do potássio do solo pelas frações granulométricas terra fina, areia, silte e argila de um Latossolo Roxo (LR) e uma Terra Bruna Estruturada (TB) do estado de Minas Gerais cultivados com cafeeiro e ajustar modelos matemáticos para descrevê-la.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados dois solos representativos de regiões cafeeiras do estado de Minas Gerais, sendo um LR e uma TB. Os solos foram fracionados em areia, silte e argila e então foram tomadas amostras de 4g, com três repetições, de cada fração e submetidas a oito extrações sucessivas, com soluções de concentração 0 e 10^{-3} mol/L de citrato e oxalato na relação solo:solução de 3:1, em tubos de centrífuga de 100mL, durante o período de 0 a 665h. Foi mantida agitação intermitente utilizando agitador horizontal e após cada extração o material era centrifugado e determinada por fotometria de chama a concentração de K no sobrenadante então calculados os teores de potássio liberado pelo material de solo. Em seguida a solução extratora era renovada. Os resultados dos teores de potássio liberados foram somados, calculando-se, então, os teores acumulados após cada tempo de contato. Para determinar a equação que melhor descreve a cinética de liberação de potássio dos solos em função do tempo, foram testadas, por análise de regressão, as equações de ordem zero, de primeira ordem, equação parabólica de difusão e equação de Elovich descritas:

$$\begin{aligned} \text{Equação de ordem zero} & \quad (K_{\infty} - K_t) = a - b t \\ \text{Equação de primeira ordem} & \quad \ln (K_{\infty} - K_t) = a - b t \\ \text{Equação parabólica de difusão} & \quad (K_t / K_{\infty}) = a + b t^{1/2} \\ \text{Equação de Elovich} & \quad K_t = a + b \ln (t) \end{aligned}$$

sendo:

K_t a quantidade acumulada de K liberada até o tempo t;

K_{∞} o máximo de K liberado;

t o tempo;

a o intercepto no eixo das ordenadas;

b o coeficiente de velocidade da liberação do K.

Para cada equação, foi calculado o coeficiente de correlação (r) e o erro padrão da estimativa (EP), definido por: $EP = [\sum (K_t - K_t^*)^2 / (n-2)]^{1/2}$, sendo K_t e K_t^* as quantidades de K liberadas, medidas no experimento e estimadas pela equação, respectivamente, no tempo t, e n o número de observações (Jardine & Sparks, 1984).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Entre as equações as de primeira ordem e de Elovich foram as que melhor se ajustaram. Para o LR, a de primeira ordem foi a que melhor descreveu a liberação do K, pelos maiores valores dos coeficientes de correlação (r) e menores valores do erro padrão da estimativa (EP), concordando com os resultados de Young-Guan e Jia-Xian (1993) e Song e Huang (1988). Melhor ajuste dos dados experimentais ao modelo de primeira ordem sugere que a liberação de K é um processo de difusão (Cox e Joern, 1997). Através dos coeficientes de velocidade (b) das equações de primeira ordem apresentados (Tabela 1), verifica-se que as diferenças de velocidade entre as frações ou entre os tratamentos foram pouco expressivas, provavelmente porque as reservas estavam concentradas na fração argila e, principalmente na forma trocável. Na fração terra fina, a velocidade de liberação do K pelo citrato foi de 3,8 e 3,2% maior que para a testemunha e para a solução de oxalato, respectivamente. As maiores diferenças foram verificadas na fração argila, da qual o citrato extraiu o K em velocidade 7,4 e 5,5%, superior àquelas para a testemunha e o oxalato, respectivamente.

TABELA 1. Coeficientes de velocidade (b)* de primeira ordem para a liberação do potássio das frações granulométricas de um Latossolo Roxo com diferentes extratores.

	TESTEMUNHA ⁽¹⁾	CITRATO ⁽²⁾	OXALATO ⁽²⁾
Terra fina	0,01109	0,01151	0,01115
Areia	0,01299	0,01265	0,01262
Silte	0,01142	0,01153	0,01127
Argila	0,01061	0,01139	0,01080

* b em $\text{mg kg}^{-1} \text{h}^{-1}$

⁽¹⁾ Solução de NaC 10,03 mol L⁻¹

⁽²⁾ 10^{-3} mol L⁻¹ em NaC 10,03 mol L⁻¹

Para a TB, os resultados experimentais se ajustaram melhor pela equação de Elovich. As constantes de velocidade (b) da equação de Elovich apresentadas na Tabela 2, são índices de velocidade de liberação do K do solo que podem ser usados na comparação dos diferentes materiais de solo (Martin e Sparks, 1983; Cox e Joern, 1997).

Com exceção da fração silte na TB, a velocidade de liberação do K foi maior em citrato que nos demais tratamentos.

TABELA 2. Coeficientes de velocidade (b)* da equação de Elovich para a liberação de potássio das frações granulométricas de uma Terra Bruna Estruturada com diferentes extratores.

FRAÇÃO	TESTEMUNHA ⁽¹⁾	CITRATO ⁽²⁾	OXALATO ⁽²⁾
Terra fina	2,09751	3,96309	1,90492
Areia	1,17591	2,12543	1,55555
Silte	3,50934	3,50840	3,22427
Argila	1,96459	2,87197	2,06308

* b em $\text{mg kg}^{-1} [\text{Ln}(\text{h})]^{-1}$

⁽¹⁾ Solução de NaCl 0,03mol L⁻¹

⁽²⁾ 10⁻³ mol L⁻¹ em NaCl 0,03mol L⁻¹

Na fração terra fina da TB, a velocidade de liberação de K em citrato foi 89 e 108% maior que na testemunha e no oxalato, respectivamente, e os teores de K extraídos eram provenientes, em grande parte, da forma não trocável. Na fração areia, a velocidade de liberação de K em citrato foi 81 e 37% maior que na testemunha e no oxalato, respectivamente, e os teores de K extraídos foram provenientes da forma não trocável, embora apenas uma pequena fração dessa reserva tenha sido extraída. A menor velocidade de liberação do K pela fração areia pode ser explicada pela origem do K a partir da forma não trocável. O oxalato apresentou um pequeno efeito em acelerar a liberação do K da fração areia da TB. Na fração silte os coeficientes de velocidade (b) foram semelhantes entre os extratores, provavelmente porque os teores iniciais de K na forma trocável do silte foram mais elevados e a quase totalidade do K extraído do silte foi proveniente da forma trocável. Na fração argila, o citrato extraiu o K com velocidades 46 e 39% maiores que na testemunha e no oxalato, respectivamente, atribuído à forma não trocável do K. A maioria do K da fração silte foi liberada nas primeiras extrações, enquanto nas frações argila e, principalmente areia, a liberação continuou, embora com menor velocidade. O silte foi a mais importante das frações granulométricas como fonte de K na TB em todos os tratamentos. Isso pode ser atribuído ao fato de o K liberado na cinética ser proveniente da forma trocável. Informações sobre a absorção de K pelas plantas nestes solos são necessárias para validar a importância dos estudos de cinética e demonstrar a significância dos coeficientes dos modelos matemáticos para a disponibilidade do K do solo para as plantas. Os ácidos orgânicos ocorrem na rizosfera das plantas e microorganismos do solo mas a capacidade de exsudá-los é variável entre as espécies. Em virtude desta variação pesquisadores testaram sua aplicação no solo para liberação de P, K e Zn (Jayarama, 1998) o que foi feito com sucesso.

CONCLUSÕES

- A taxa de liberação foi diferente para as frações do mesmo solo.
- A equação de primeira ordem descreveu melhor os resultados do Latossolo Roxo (LR), enquanto que, para a Terra Bruna Estruturada (TB), a equação de Elovich foi a mais adequada.
- O efeito dos ácidos orgânicos em acelerar a liberação do K foi maior na TB que no LR.
- Na TB, a velocidade de liberação foi maior nas extrações com citrato.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- COX, A.E.; JOERN, B.C. Release kinetics of nonexchangeable potassium in soils using sodium tetrafenilboron. **Soil Science**, Maryland, v. 162, n. 8, p.588-598, Aug. 1997.
- FEIGENBAUM, S.; EDELSTEIN, R.E.; SHAINBERG, I. Release rate of K and structural cations from mica to ion exchangers in dilute solutions. **Soil Science Society American Journal**. Madison v. 45, n. 2, p.501-506, Mar-Apr. 1981.
- HUNDAL, L.S.; PASRICHA, N.S. Nonexchangeable potassium release in illitic soil profiles. **Soil Science**, Maryland, v. 156, n. 1, p.34-41, Jan. 1993.
- JACKSON, M.L. Chemical composition of soils. In: BEAR, F.E. (ed.) **Chemistry of soil**. New York: Reinhold Publishing Corp., 1964, p.87-112.

-
- JAYARAMA; SHANKAR, B.N.; D'SOUZA, V.M. Citric acid as a potencial phosphate solubilizer in coffee soils. **Indian Coffee**, p.13-15, April, 1998.
- MARTIN, H.W.; SPARKS, D.L. Kinetics of nonexchangeable potassium release from two Coastal Plain soils. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v. 47 n. 5, p.883-888, Sep-Oct. 1983.
- MORTLAND, M.M. The dynamics character of potassium release and fixation. **Soil Science**, Maryland, v. 91, n. 1, p.11-13, Jan. 1961.
- MORTLAND, M.M.; ELLIS, B. Release of fixed potassium as a diffusion controled process. **Soil Science Society American Proceedings**, Madison, v.23, n. 3, p.363-365, May-June 1959.
- REED, M.G., SCOTT, A.D. Kinetics of potassium release from biotite and muscovite in sodium tetraphenylboron solutions. . **Soil Science Society American Journal**, Madison, v. 26, n. 5, p.437-440, Sep-Oct. 1962.
- SIMARD, R.R.; KIMPE, D.C.R.; ZIZKA, J. Release of potassium and magnesium from soil fractions and its kinetics. **Soil Science Society American Journal**. v.56; n. 5, p.1421-1428, Sep-Oct. 1992.
- SINCLAIR, A.R., Availability of potassium to ryegrass from Scottish soils II. Uptake of initially non-exchangeable potassium. **Journal of Soil Science**, Oxford, v. 30, n. 4,p.775-783, Dec. 1979.
- SONG, S.K.; HUANG, P.M. Dynamics of potassium release from potassium-bearing minerals as influenced by oxalic and citric acids. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v. 52, n. 2, p.383-390, Mar-Apr. 1988.
- YONG-GUAN, Z.; JIA-XIAN, L. Release of soil nonexchangeable K by organic acids. **Pedosphere**, Beijing, v.3, n.3; p.269-273. 1993.

AVISO

ESTA PUBLICAÇÃO PODE SER ADQUIRIDA NOS
SEGUINTE ENDEREÇOS:

FUNDAÇÃO ARTHUR BERNARDES

Edifício Sede, s/nº. - Campus Universitário da UFV
Viçosa - MG
Cep: 36571-000
Tels: (31) 3891-3204 / 3899-2485
Fax : (31) 3891-3911

EMBRAPA CAFÉ

Parque Estação Biológica - PqEB - Av. W3 Norte (Final)
Edifício Sede da Embrapa - sala 321
Brasília - DF
Cep: 70770-901
Tel: (61) 448-4378
Fax: (61) 448-4425