

## MOBILIDADE DO ÍON POTÁSSIO É ALTERADA COM FERTIRRIGAÇÃO DE VINHAÇA AO LONGO DOS ANOS?

JORGE E. CORREIA<sup>1</sup>, KATARINA L. GRECCO<sup>2</sup>, CARMEM S. FONTANETTI<sup>3</sup>,  
JARBAS H. MIRANDA<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Doutor Ciências Biológicas (Biologia celular e molecular/UNESP, Rio Claro), (19)988081510, [jorgeecorreia@hotmail.com](mailto:jorgeecorreia@hotmail.com)

<sup>2</sup> Doutora em Engenharia de Sistemas Agrícolas, ESALQ/USP, Piracicaba, [klgrecco@usp.br](mailto:klgrecco@usp.br)

<sup>3</sup> Professora adjunto pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - UNESP - Rio Claro, [fontanet@rc.unesp.br](mailto:fontanet@rc.unesp.br)

<sup>4</sup> Professor Associado, Departamento de Engenharia de Biosistemas, ESALQ/USP, Piracicaba, [jhmirand@usp.br](mailto:jhmirand@usp.br)

Apresentado no  
XLIX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2020  
23 a 25 de novembro de 2020 - Congresso On-line

**RESUMO:** Considerando a prática de fertirrigação com vinhaça em lavouras de cana-de-açúcar, há quase 40 anos, esse estudo objetivou avaliar se o tempo de aplicação de vinhaça, como fonte de aplicação de potássio, altera a mobilidade do íon potássio no solo. Para tal, amostras de solo foram coletadas em áreas de cultura canvieira com 5 (S5), 15 (S15) e 30 anos (S30) de aplicação de vinhaça como fertilizante e uma área controle (SR). Assim, a dinâmica do íon potássio foi investigada mediante a análise de seus parâmetros de transporte, obtidos pelo ajuste numérico de *Breakthrough Curves* (BTC) mediante o código CFITIM dentro do software STANMOD e pelo modelo HYDRUS-1D. Nos ensaios de BTC's, pode-se observar pelas BTC's que o equilíbrio foi atingido mais rapidamente no solo S5 em relação ao solo referência e ainda mais rápido no S15. Em contrapartida o solo S30 foi o que apresentou maior interação do íon potássio com o solo, confirmados por apresentar os maiores valores do parâmetro fator de retardamento (R) e coeficiente de distribuição sendo estatisticamente significativos quando comparados entre eles. Tendo em vista os resultados obtidos nesse estudo pode-se concluir que o fator tempo de aplicação e de uso do solo influenciou na mobilidade do potássio, ou seja, quanto maior o tempo de aplicação da vinhaça, mais o potássio é retido por processos de advecção.

**PALAVRAS-CHAVE:** Breakthrough Curves; fertirrigação, cana-de-açúcar.

## POTASSIUM ION MOBILITY IS CHANGED WITH VINASSE FERTIRRIGATION ALONG THE YEARS?

**ABSTRACT:** Considering the use of vinasse fertigation on sugarcane crops for almost 40 years, this study aimed to assess whether the time of application of vinasse, as a source of potassium application, alters the mobility of the potassium ion in the soil. For this, soil samples were collected in sugarcane cultivation areas with 5 (S5), 15 (S15) and 30 years (S30) using vinasse as fertilizer and a control area (SR). Thus, the dynamics of the potassium ion was investigated by analyzing its transport parameters, obtained by the numerical adjustment of Breakthrough Curves (BTC) using the CFITIM code within the STANMOD software and by the HYDRUS-1D model. In the BTC's tests, it can be observed by the BTC's that the balance was reached more quickly in the S5 soil compared to the reference soil and even faster in the S15. In contrast, the S30 soil showed the greatest interaction of the potassium ion with the soil, confirmed by presenting the highest values of the delay factor

factor (R) and distribution coefficient, being statistically significant when compared between them. In view of the results obtained in this study, it can be concluded that the factor of application time and land use influenced potassium mobility, that is, the longer the application time of vinasse, the more potassium is retained by advection processes.

**KEYWORDS:** Breakthrough Curves; fertirrigation; sugarcane.

**INTRODUÇÃO:** A adubação por meio de aplicação de fertilizantes visa suprir demandas nutricionais que são exigidas pelos cultivos, buscando-se fornecer quantidades ideais de nutrientes requeridas pela planta no momento adequado, visando sempre alcançar bons rendimentos e produtos de qualidade. A vinhaça é o resíduo líquido proveniente do processamento da cana-de-açúcar em etanol, possui alta carga orgânica e elevada concentração de potássio, nitrogênio e fósforo, sendo utilizado como fertilizante nas próprias culturas de cana-de-açúcar (CHRISTOFOLETTI et al., 2013).

A vinhaça é produzida em uma razão de 15:1 em relação à produção de etanol, e vem sendo utilizada como fertilizante desde a década de 80 (CHRISTOFOLETTI et al., 2013). Entretanto a regulamentação de seu uso no solo ocorreu apenas em 2006 e apenas para o estado de São Paulo, seu maior produtor. Assim, a vinhaça vem sendo aplicada no cultivo canavieiro há praticamente 40 anos. Silva et al. (2007) observaram que a vinhaça promove mudanças nas propriedades físicas do solo, porém com efeitos distintos. Dependendo do tipo de solo a vinhaça pode elevar a capacidade de infiltração do solo, por meio da melhoria de sua porosidade e dessa forma, aumentando a possibilidade de contaminação de águas subterrâneas. Como também, pode causar o efeito contrário em relação à capacidade de infiltração do solo, ou seja, reduzindo e promovendo o aumento do escoamento, nesse sentido, com possível incremento da contaminação de águas superficiais. Atualmente a legislação que rege as normas para aplicação de vinhaça se baseia nas concentrações de potássio presentes no solo e na vinhaça para o cálculo da quantidade aplicada por hectare. Tendo em vista o uso da vinhaça ao longo dos anos, este estudo objetivou investigar se há diferença na mobilidade do íon potássio em solos que receberam a aplicação de vinhaça ao longo de 5, 15 e 30 anos.

**MATERIAL E MÉTODOS:** Foram selecionadas áreas de cultura canavieira de uma mesma região do estado de São Paulo (por motivos corporativos não foi permitida a divulgação das coordenadas geográficas), cuja aplicação de vinhaça como fertilizante já ocorre há 5 (S5), 15 (S15), 30 anos (S30) e uma área de referência (SR) com baixa interferência antrópica e sem aplicação de vinhaça ou qualquer tipo de fertilizante. As amostras de solos coletadas foram enviadas ao laboratório de análises ambientais para serem realizadas as análises físico-químicas. Foram coletadas amostras indeformadas em triplicata de solo em anéis de aço inoxidável de dimensões de 3,0 cm de altura, 4,7 cm de diâmetro a uma profundidade de 40cm. As amostras foram então preparadas para a elaboração da curva de retenção de água no solo (CRA). O ajuste numérico dos parâmetros representados pelas eqs. 1 e 2, foi feito pelo software Retention Curve (RETC) (Van GENUCHTEN et al., 1991), seguindo o ajuste do modelo proposto por van Genuchten (1980):

$$\theta = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{[1 + (\alpha \cdot |\phi_m|)^n]^m} \quad (1)$$

Em que:

- $\theta$  = umidade volumétrica do solo ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ )
- $\phi_m$  = potencial mátrico (cm)
- $\theta_r$  = umidade residual do solo ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ )
- $\theta_s$  = umidade de saturação do solo ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ )

$\alpha$  = parâmetro de ajuste ( $\text{cm}^{-1}$ )  
 m e n = parâmetros de ajuste

Os ensaios para realização das BTC's foram conduzidos em triplicatas utilizando colunas de PVC, com as dimensões de 20 cm de altura e 5 cm de diâmetro, as quais foram preenchidas com os solos SR, S5, S15 e S30, em camadas constantes, equivalentes e homogêneas. Após realizada a curva de distribuição de efluentes, procedeu-se ao ajuste numérico das BTC's utilizando-se o modelo STANMOD (STudio of ANalytical MODels), obtendo-se os parâmetros de transporte do íon potássio para os diferentes tipos de solo: número de Peclet (P), coeficiente de dispersão (D), Dispersividade ( $\lambda$ ) e fator de retardamento (R). Assumiu-se o valor do tempo inicial como sendo "zero" e o final após o término da coleta de volumes nas BTC's.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Todos os solos tiveram características similares tanto físico-químicas quanto granulométricas, permitindo a comparação entre eles e de resultados a partir de estudos com solos arenosos. Após a obtenção dos valores da relação entre umidade volumétrica do solo e pressões (Câmara de Richards), mediante o software Retention Curve (RETC) foi ajustada a curva de retenção de água no solo e obtidos os parâmetros  $\theta_r$ , n e  $\alpha$ , essenciais para estabelecer propriedades hidráulicas do solo. As curvas de retenção e os parâmetros obtidos para os solos S5, S15 e S30 podem ser conferidos pela Tabela 1:

TABELA 1. Parâmetros da curva de retenção, segundo o modelo de van Genuchten (1980) dos três solos submetidos à simulação

	$\theta_r$	$\theta_s$	$\alpha$	n	m
<b>S5</b>	0,18169	0,36612	0,03215	1,48662	0,32733
<b>S15</b>	0,14855	0,34363	0,02500	1,49320	0,3302
<b>S30</b>	0,26306	0,54744	0,04244	1,18469	0,15589

S5: solo fertirrigado por vinhaça durante 5 anos; S15: solo fertirrigado por vinhaça durante 15 anos; S30: solo fertirrigado por vinhaça durante 30 anos.

Pelas *Breakthrough Curves* (BTC's) pode-se observar o comportamento de adsorção do íon potássio (Figura 1), pelas quais a concentração de potássio alcançou a concentração relativa ( $C/C_0$ ) de 100%, para quase todas as triplicatas de todos os solos. O equilíbrio foi atingido em um menor intervalo de tempo no solo S5 em relação ao solo referência e ainda em menor intervalo de tempo em relação ao S15. Em contrapartida o solo S30 foi o que apresentou maior interação do íon potássio, verificados por apresentar os maiores valores de fator de retardamento (R) e coeficiente de distribuição (Tabela 2). Provavelmente o alto teor de matéria orgânica presente no solo S30 favoreceu a uma maior retenção do cátion potássio com a matriz desse solo. O coeficiente de dispersão e a dispersividade indicam a movimentação do soluto no perfil do solo, o solo que obteve maior dispersividade foi o solo S5.

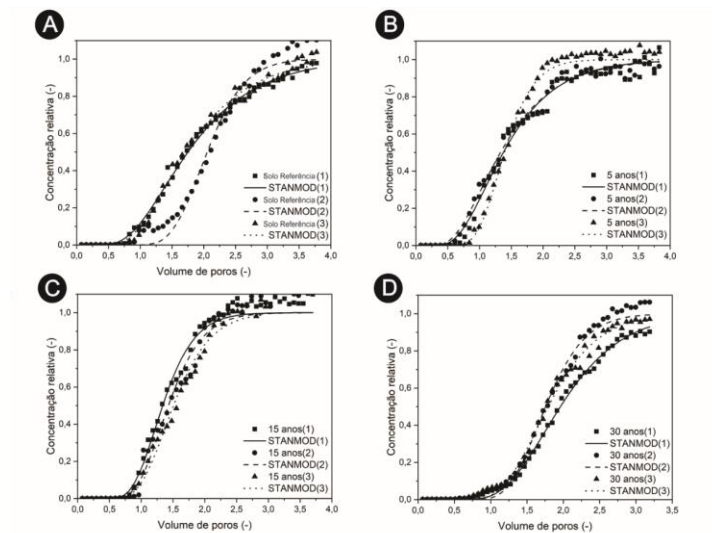


FIGURA 1 – Simulações utilizando STANMOD com parâmetros de entrada das BTC's.

TABELA 2 - Parâmetros de transporte do K<sup>+</sup> para os solos em colunas.

Tempo de Aplicação	P	$\lambda$	D	R	Kd
5 anos	14,99233	1,926	0,001	1,353	0,107
15 anos	22,155	0,894	0,001	1,420	0,125
30 anos	24,243	0,883	0,001	1,832 *	0,500 *

P: número de Pelet; R: fator de retardamento; Kd: coeficiente de distribuição; D: coeficiente de dispersão;  $\lambda$ : dispersividade; \*: valores significativos pelo método ANOVA com pos-hoc de Dunnett com  $p < 0,05$ .

**CONCLUSÕES:** Tendo em vista os resultados obtidos nesse estudo pode-se concluir que o fator tempo de uso do solo, no sentido de aplicação de vinhaça, influenciou na mobilidade do potássio, principal íon presente na vinhaça. Dessa forma, observou-se que quanto maior o tempo de aplicação, mais o íon potássio foi retido por processos de advecção.

**AGRADECIMENTOS:** Os autores agradecem à Fundação de Amparo e Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), processos 2012/50197-2 e 2015/26157-9 pelo apoio financeiro.

## REFERÊNCIAS:

CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo) Vinhaça-criterios e procedimentos para aplicação no solo na agricultura. **Norma técnica P4231**. São Paulo, 2006.

CHRISTOFOLETTI, C.A.; PEDRO-ESCHER, J; CORREIA, J.E.; MARINHO, J.F.U.; FONTANETTI, C.S. Sugarcane vinasse: Environmental implications of its use. **Waste Management**, vol. 33, p.2752-2761, 2013.

SILVA, M.A.S.; GRIEBELER, N.P.; BORGES, L.C. Uso de vinhaça e impactos nas propriedades do solo e lençol freático. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.11, n.11, p.108-114, 2007.

VAN GENUCHTEN, M.T., 1981. Non-equilibrium transport parameteres from miscible displacement experiments(No. 119). USDA, U.S. Salinity Laboratory, Riverside.

VAN GENUCHTEN, M.T., A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**, v.44, p.892–898, 1980.