

# FORMAS DE POTÁSSIO NO SOLO EM UM SISTEMA INTEGRADO DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA EM TERRAS BAIXAS

João Pedro Moro Flores<sup>1</sup>; Luiz Gustavo de Oliveira Denardin<sup>2</sup>; Lucas Aquino Alves<sup>2</sup>; Dionata Filippi<sup>3</sup>; Bruno Paulus Scheffer<sup>3</sup>; Victória Dutra de Oliveira Tomás<sup>3</sup>; Julie Lipp<sup>4</sup>; Tales Tiecher<sup>5</sup>.

Palavras-chave: Plantio direto, pastejo animal, rotação de culturas.

## INTRODUÇÃO

O potássio (K) no solo pode ser encontrado na forma estrutural, não trocável e trocável/disponível. Todas elas estão em equilíbrio, e na medida em que a planta absorve K da forma trocável ou disponível, esta é repostada pela forma não trocável, que se difunde pelas entrecamadas dos argilominerais 2:1 e se torna disponível para as plantas, intensificando o intemperismo do mineral (ERNANI et al., 2007). Por isso, as formas não trocável e estrutural são consideradas reserva de K de médio e longo prazo para a nutrição das plantas (KAMINSKI et al., 2007), mas muitas vezes essa porção do nutriente é negligenciada e recebe pouca atenção em estudos de fertilidade do solo. Essas frações são especialmente importantes em solos de várzea no sul do Brasil cultivados com arroz irrigado, que possuem grandes reservas de K não trocável associado à presença de feldspato-K e mica na fração de silte, bem como esmectita, vermiculita e illita pouco cristalizada na fração argila (BRITZKE et al., 2012).

O atual modelo de produção orizícola do Rio Grande do Sul consiste no monocultivo de arroz com intenso revolvimento de solo e com baixa utilização de plantas de cobertura no período hibernal, acarretando no depauperamento da fertilidade do solo (SCHOENFELD et al., 2012). Nos últimos anos, muitos trabalhos têm demonstrado que o não revolvimento do solo no sistema plantio direto (SPD), associado ao alto aporte de resíduos, pode propiciar melhorias na qualidade química, física e biológica do solo, quando comparado ao sistema convencional de cultivo de arroz (DENARDIN et al., 2019). Por outro lado, o pousio hibernal reduz a ciclagem de K, aumentando suas perdas e diminuindo a eficiência de uso de fertilizantes potássicos (TIECHER et al., 2017).

Estudos tem demonstrado também que é possível aumentar ainda mais a eficiência de uso de K quando utilizamos o SPD combinado com Sistemas Integrados de Produção Agropecuária (SIPA), que alterna, na mesma área, a produção de forrageiras sob pastejo animal e a produção de grãos (NASCIMENTO & CARVALHO, 2011). Nos SIPA, as forrageiras assumem papel fundamental na ciclagem e redistribuição de nutrientes no perfil do solo, aumentando sua disponibilidade nas camadas superficiais e, conseqüentemente, para a cultura sucessora. Os SIPAS em SPD associado a rotação de culturas pode ainda proporcionar a exploração de K de diferentes camadas de solo, aumentando assim ciclagem do nutriente no solo (BORKERT et al., 2003).

Desse modo, o objetivo desse trabalho foi quantificar e avaliar as formas de K no solo sobre o efeito de diferentes sistemas produtivos de arroz irrigado, envolvendo plantio direto, pastejo animal e rotação de culturas na Planície Costeira Interna do estado do Rio Grande do Sul.

## MATERIAL E MÉTODOS

O protocolo experimental está sendo conduzido na região ecoclimática da Planície Costeira

<sup>1</sup> Eng. Agr. mestrando em Ciência do Solo – UFRGS, Avenida Bento Gonçalves, 7712, Porto Alegre-RS, m.fjoapedro@gmail.com.

<sup>2</sup> Doutorando em Ciência do Solo – UFRGS, luizgdenardin@gmail.com, lucasaquinoalves.laa@gmail.com.

<sup>3</sup> Acadêmico de Agronomia – UFRGS, dionatafilippi7@hotmail.com, brunopaulus2011@gmail.com, victoria-tomas@hotmail.com.

<sup>4</sup> Acedêmica de Fundamental and Applied Sciences – Université de Poitiers, julie.lipp@etu.univ-poitiers.fr.

<sup>5</sup> Professor do Departamento de Solos – UFRGS, tales.tiecher@gmail.com.

Interna do estado do Rio Grande do Sul, sendo um SIPA em terras baixas, conduzido desde o ano de 2013 na Fazenda Corticeiras, localizada no município de Cristal-RS, em uma área de aproximadamente 18 hectares. O solo é classificado como Planossolo Háplico eutrófico (STRECK et al., 2018), com relevo plano a suavemente ondulado, declividade máxima de 4% e textura franca com 24, 23 e 53% de argila, silte e areia, respectivamente. O delineamento experimental utilizado é de blocos ao acaso, com três repetições. Foi utilizado quatro sistemas de produção, sendo o sistema 1 composto pelo monocultivo de arroz irrigado com preparo convencional e pousio hibernar. Os sistemas 2, 3 e 4 são conduzidos em plantio direto e apresentam a introdução do animal em pastagem hibernar. O sistema 2, composto por cultivo de arroz em plantio direto e pastagem de azevém no período hibernar. O sistema 3 acrescenta a rotação entre arroz e soja durante o período de verão. O sistema 4 por sua vez, se define pela rotação entre arroz, soja, milho e capim sudão no verão e pastagem de azevém e trevo persa no período hibernar. Até o ano de 2017, os sistemas 2, 3 e 4 eram adubados tanto no período hibernar quanto estival, e a partir de março de 2017 iniciou-se o conceito de adubação de sistema, onde toda a adubação NPK é realizada na fase pastagem, a lanço, e somente no sistema 1 no cultivo estival de arroz.

As coletas de solo foram realizadas no mês de outubro de 2018. As camadas utilizadas foram de 0-10 e 10-20 e 20-30 cm, oriundas de cinco subamostras, sendo coletadas sempre com trado calador. Após a coleta, as amostras de solo foram secas, moídas e peneiradas em malha 2 mm para quantificação dos teores das diferentes formas de K do solo. Para a quantificação do K disponível, foi utilizado o extrator Mehlich-1 conforme Tedesco et al. (1995). O K trocável foi determinado utilizando o extrator acetato de amônio ( $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ )  $1,0 \text{ mol L}^{-1}$  a pH 7,0 (EMBRAPA, 1997). O teor de K não trocável estimado com o extrator tetrafenilborato de sódio (NaTPB), conforme proposto por Cox et al. (1996). A determinação do teor de K em todos os extratos foi feita usando espectrofotometria de emissão de chama. Os dados obtidos foram submetidos ao teste das pressuposições do modelo matemático (normalidade e homogeneidade das variáveis). A análise da variância foi realizada através do teste F, e as médias comparadas pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade de erro.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A maior parte do K encontra-se na forma não-trocável (em média 81%), enquanto que a forma trocável/disponível representou apenas 19% do K avaliado (Tabela 1). Isso demonstra que nessa área, existe um potencial de fornecimento de K para as culturas muito maior do que a estimada pelos extratores convencionais como o Mehlich-1. As maiores concentrações na superfície do solo em ambas as formas de K avaliadas é devido a adubação a lanço, acarretando em um gradiente de concentrações do nutriente no solo. Os teores de K trocável/disponível não se diferenciaram entre os sistemas de produção, variando de 75 a 83  $\text{mg dm}^{-3}$  para o K trocável e de 63 a 74  $\text{mg dm}^{-3}$  para K disponível extraído com Mehlich-1, correspondendo a classe de disponibilidade média de K (CQFS-RS/SC, 2016).

Os teores de K não trocável variaram de 216  $\text{mg dm}^{-3}$  a 607  $\text{mg dm}^{-3}$  entre os sistemas. O sistema com monocultivo de arroz em plantio direto apresentou o maior teor de K não trocável (607  $\text{mg dm}^{-3}$ ), seguido do sistema com arroz em plantio convencional e pousio hibernar (344  $\text{mg dm}^{-3}$ ) e os sistemas contendo rotação arroz/soja e arroz/soja/milho, ambas em plantio direto (248 e 216  $\text{mg dm}^{-3}$ , respectivamente) com teores semelhantes entre si (Tabela 1). A grande variação das reservas de K não trocável no solo indica diferentes capacidades de suporte do solo em manter a nutrição potássica às plantas no caso de não ocorrer adubações de manutenção após os cultivos. Essas diferenças podem ser explicadas em decorrência da inserção de culturas com alta capacidade de exportação de K, sendo a soja em sucessão e soja/milho em rotação ao cultivo do arroz irrigado nos sistemas 3 e 4, respectivamente. Enquanto o arroz irrigado exporta apenas

2,5 kg Mg<sup>-1</sup> de K nos grãos, a soja e o milho exportam 16,6 e 5,0 kg Mg<sup>-1</sup> de K, respectivamente (CQFS-RS/SC, 2016).

**Tabela 1.** Teores de K disponível, trocável e não trocável em três camadas de solo e balanço de K combinando diferentes sistemas produtivos.

Camada (cm)	Arroz – PC + pousio hiberna	Arroz - PD    Arroz/Soja - PD    Arroz/Soja/Milho - PD			Média
		Animal em pastejo no período hiberna			
K disponível (mg dm <sup>-3</sup> )					
0-10	125,9	93,0	116,2	90,1	106,3 a
10-20	62,5	60,9	44,0	64,7	58,0 b
20-30	34,2	48,4	28,0	49,3	40,0 b
Média	74,2 <sup>ns</sup>	67,4	62,7	68,1	
K trocável (mg dm <sup>-3</sup> )					
0-10	126,0	111,3	133,0	109,3	119,9 a
10-20	73,4	75,7	56,6	77,7	70,9 b
20-30	47,6	61,0	36,5	63,0	52,0 b
Média	82,3 <sup>ns</sup>	82,7	75,4	83,3	
K não trocável (mg dm <sup>-3</sup> )					
0-10	339	602	197	233	343 <sup>ns</sup>
10-20	343	614	279	187	356
20-30	351	604	267	228	363
Média	344 B	607 A	248 C	216 C	
Balanço de K (kg ha <sup>-1</sup> )					
Entradas <sup>a</sup>	469	946	913	992	
Saídas <sup>b</sup>	128	132	265	120	
Saldo <sup>c</sup>	341	814	648	872	

<sup>ns</sup> Não significativa a 5% de probabilidade. <sup>a</sup>Entradas via fertilizantes potássicos. <sup>b</sup>Saídas via exportação dos grãos de milho, soja e arroz. <sup>c</sup>Diferença entre as entradas de fertilizantes e saídas via grãos.

Embora a adubação dos sistemas seja calculada e feita de forma individual, com base na cultura de maior capacidade de exportação de nutrientes, o declínio observado na fração não trocável de K nos sistemas 3 e 4 indicam o potencial de contribuição dessa fração para a nutrição das plantas e a possível fixação do K nos argilominerais 2:1, aos quais são reguladores-chave da dinâmica de K no solo, sendo esse imobilizado para formas menos disponíveis ou estruturais. A medida em os grupos funcionais de superfície se reduzem pela absorção do K na solução pelas plantas, ocorre a difusão do K pelas entrecamadas dos argilominerais, visando manter o equilíbrio das frações e por consequência acelerando o intemperismo do mineral.

O monocultivo de arroz em plantio direto apresentou os maiores valores de K não trocável (Tabela 1), sendo 62% maior que o teor observado no sistema com arroz em plantio convencional e pousio hiberna. Essa diferença pode ser explicada em função da maior adição de K via fertilizantes nesse sistema (Tabela 1). Em função da mínima exportação de K pelo animal em pastejo, o K remanescente pode ser adsorvido na camada siloxana dos minerais 2:1, tornando-se parcialmente ou potencialmente disponível às plantas a médio e longo prazo (MEURER et al., 2018). Outro fato que pode explicar os menores teores de K no sistema com arroz em plantio

convencional e pousio hibernar são as possíveis perdas decorrentes do fluxo de água de irrigação sobre solo desestruturado durante o período inicial de inundação da cultura do arroz, ou durante o período de pousio hibernar. Estudos futuros devem ser realizados para quantificar o teor total de K no solo, para compreender melhor se as perdas de K são para fora das áreas cultivadas (lixiviação e perda com a água de irrigação) ou para formas menos disponíveis ou estruturais (fixação de K pelos argilominerais 2:1).

## CONCLUSÃO

Formas de K trocáveis e prontamente disponíveis não sofreram alterações em seus teores pelos diferentes sistemas produtivos avaliados. A adoção do plantio direto combinado ao pastejo de plantas de cobertura no inverno propiciam incrementos nas reservas de K não trocável no solo, esse potencialmente disponível para as plantas, além de reduzir as perdas no ambiente de terras baixas com monocultivo de arroz. A adoção de rotação de culturas envolvendo soja e milho no período estival diminui as reservas de K não trocável do solo, devido a maior exportação desse nutriente pelas culturas quando comparado ao arroz irrigado.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BORKERT, C. M.; GAUDÊNCIO, C. A.; PEREIRA, J. E.; PEREIRA, L. R.; JULIOR, A. O. Nutrientes minerais na biomassa da parte aérea em culturas de cobertura de solo. PAB, Brasília, v. 38, n. 1, p. 143-153, 2003.
- BRITZKE, D.; SILVA, L. S.; MORTELE, D. F.; RHEINHEIMER, D. S.; BORTOLUZZI, E. C. A study of potassium dynamics and mineralogy in soils from subtropical Brazilian lowlands. *J Soils Sediments*. 12:185–197. 2012.
- COX, A. E.; JOERN, B. C.; ROTH, C. B. Non exchangeable ammonium and potassium determination in soils with a modified sodium tetraphenylboron method. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v. 60, n. 1, p. 114- 120, 1996.
- CQFS-RS/SC – Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC. Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. 11ª ed. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Núcleo Regional Sul, 376 p., 2016.
- DENARDIN, L. G. O.; CARMONA, F. C. ; GOMES, M. V. ; MARTINS, A. P. ; FREITAS, T. F. S. ; CARLOS, F. S. ; MARCOLIN, E. ; CAMARGO, F. A. O. ; ANGHINONI, I. . No-tillage increases irrigated rice yield through soil quality improvement along time. *SOIL & TILLAGE RESEARCH*, v. 186, p. 64-69, 2019.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Serviço nacional de levantamento e conservação do solo. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 212p, 1997.
- ERNANI, P.R.; ALMEIDA, J.A. & SANTOS, F.C. Potássio. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B. & NEVES, J.C.L., eds. Fertilidade do solo. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007.
- KAMINSKI, J.; BRUNETTO, G.; MOTERLE, D. F.; RHEINHIMER, D. S. Depleção de formas de potássio do solo afetada por cultivos sucessivos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 31:1003-1010, 2007.
- MEURER, E. J.; TIECHER, T.; MATTIELLO, L. Potássio. In: Nutrição mineral de plantas. FERNANDES, M. S.; SOUZA, S. R.; SANTOS, L. A. 2.ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.429-464. 2018.
- NASCIMENTO, S. N. & CARVALHO, N. L. Integração lavoura-pecuária Monografias Ambientais vol.(4), nº4, p. 828-847, 2011.
- SCHOENFELD, R. et al. Resposta do arroz irrigado a níveis de adubação em experimento de Longa duração. In: FERTBIO 2012, Maceió. Anais. Maceió, 2012.
- STRECK, E.V., KÄMPF, N., DALMOLIN, R.S.D., KLAMT, E., NASCIMENTO, P.C., GIASSON, E., PINTO, L.F.S.; Solos do Rio Grande do Sul. 3. ed. UFRGS: EMATER/RS-ASCAR, Porto Alegre 251 p, 2018.
- TEDESCO, M. J. et al. Análise de solo, plantas e outros materiais. 2.ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 174p, 1995.
- TIECHER, T.; CALEGARI, A.; CANER, L.; DOS SANTOS RHEINHEIMER, D. Soil fertility and nutrient budget after 23-years of different soil tillage systems and winter cover crops in a subtropical Oxisol. *Geoderma*, v. 308, p. 78-85, 2017.

