

## FORMAS DE FÓSFORO INORGÂNICO EM PLANOSSOLO CULTIVADO EM PLANTIO DIRETO

**SEHN, Claudia Filomena Schneider<sup>1</sup>; WESZ, Jonas<sup>1</sup>; BUSS, Gerson Lübke<sup>1</sup>; SOUSA, Rogério Oliveira de<sup>1</sup>; GOMES, Algenor da Silva<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS

<sup>2</sup> Pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS

Claudia Filomena Schneider Sehn. E-mail: [claudia\\_fsse@hotmail.com](mailto:claudia_fsse@hotmail.com)

Rogério Oliveira de Sousa (Prof. Orientador) E-mail: [rosousa@ufpel.tche.br](mailto:rosousa@ufpel.tche.br)

### 1 INTRODUÇÃO

O fósforo liberado pelos fertilizantes pode apresentar-se no solo em formas de maior ou menor labilidade, ligado, principalmente, a compostos de Fe, Al, Ca e à matéria orgânica do solo (RAIJ, 1991). A redistribuição do fósforo das diversas formas fornecidas pela adubação fosfatada também ocorre em solos cultivados sob sistema plantio direto (SPD), pois se observa junto à superfície do solo um maior acúmulo de matéria orgânica e de nutrientes, inclusive de fósforo (RHEINHEIMER et al., 2000).

A introdução do arroz irrigado em sistema de rotação de culturas no SPD pode promover alterações na disponibilidade de fósforo no solo. Durante o alagamento do solo, os óxidos de ferro são reduzidos e passam a ter maior solubilidade, promovendo a dessorção do fósforo (PONNAMPERUMA, 1972). Assim, formas de fósforo consideradas de baixa labilidade em solos de sequeiro podem, em condições de alagamento, suprir fósforo para as plantas de arroz (PHEAV et al., 2005). A drenagem do solo após o cultivo de arroz promove a reoxidação das formas reduzidas, com a formação de óxidos de ferro de baixa cristalinidade (VAHL, 1991). Diante disso, os óxidos retornam a funcionar como caráter dreno de fósforo com maior intensidade, ocasionando problemas no crescimento e desenvolvimento de culturas que sucedem o arroz.

As técnicas de fracionamento de fósforo visam a identificação das formas com que este elemento é retido no solo e sua contribuição na capacidade de suprimento de fósforo para as plantas. O método proposto por Hedley et al. (1982) permite a obtenção de informações sobre a disponibilidade de fósforo a curto e longo prazo, por meio da determinação dos teores de P com vários graus de disponibilidade utilizando sequencialmente extratores de menor à maior força de extração, os quais removem o fósforo das formas mais disponíveis às mais estáveis.

Assim, este trabalho teve por objetivo avaliar as alterações nas formas inorgânicas de fósforo em um Planossolo provocadas pelo cultivo de arroz irrigado, subsequente à utilização da área com soja como cultura de sequeiro.

### 2 MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização do trabalho, foi utilizado um experimento conduzido em um Planossolo Háplico eutrófico solódico na área experimental da Estação Terras Baixas, da Embrapa Clima Temperado. O experimento foi delineado com casualização por blocos em quatro repetições. Os tratamentos consistiram na aplicação de adubação fosfatada na forma de superfosfato triplo (SFT) e fosfato

natural de Arad (FNA), ambos com reaplicação anual de P na forma de SFT, e mais um tratamento adicional testemunha sem a aplicação da adubação fosfatada. As doses de fósforo foram estabelecidas em função da análise inicial do solo realizada antes da instalação do experimento. A adubação foi realizada a lanço e os adubos foram incorporados na instalação do experimento. A área de cada parcela correspondeu a 20 m<sup>2</sup>.

O experimento foi conduzido com culturas de sequeiro, soja no verão e azevém no inverno, em SPD por quatro anos. No verão do quinto ano as parcelas foram semeadas com arroz irrigado. As amostras de solo foram coletadas antes e após o cultivo do arroz, em duas profundidades, 0 - 2,5 cm e 2,5 - 5,0 cm utilizando trado calador, sendo cada amostra composta por dez subamostras.

Nas amostras de solo foi realizado o fracionamento de fósforo pelo método de Hedley et al. (1982) modificado por Condon et al. (1985). As formas de P determinadas no solo foram: P disponível extraído pela resina de troca aniônica ( $P_{RTA}$ ); P inorgânico adsorvido à superfície dos colóides ( $P_{bic}$  - extraídos por  $\text{NaHCO}_3$  0,5 mol L<sup>-1</sup> em pH 8,5); P inorgânico ligado a Fe e a Al ( $P_{hid\ 0,1/0,5}$  - extraídos por  $\text{NaOH}$  0,1 mol L<sup>-1</sup> e  $\text{NaOH}$  0,5 mol L<sup>-1</sup>); P ligado a Ca ( $P_{HCl}$  - extraído por  $\text{HCl}$  1,0 mol L<sup>-1</sup>). Os resultados foram submetidos às análises estatísticas utilizando o programa estatístico Winstat (MACHADO, 2001).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As alterações nas formas de fósforo pelo cultivo de arroz irrigado ocorreram principalmente na profundidade 0 – 2,5 cm. É provável que as modificações na camada mais superficial do solo sejam devidas ao acúmulo de fósforo na superfície, ocasionado pelo sistema plantio direto, além da deposição dos restos vegetais das culturas de sequeiro no solo. A aplicação superficial de fósforo sem o revolvimento do solo reduz o contato entre os colóides do solo e o íon fosfato, diminuindo as reações de adsorção (MUZILLI, 1983). A mineralização lenta e gradual dos resíduos orgânicos proporciona a liberação e a redistribuição das formas orgânicas de fósforo, mais móveis no solo e menos suscetíveis às reações de adsorção (SANTOS e ANGHINONI, 2003). A maior concentração de raízes do arroz em pequenas profundidades do solo também pode ter contribuído para estas alterações. Somente a fração de fósforo extraída com o  $\text{NaOH}$  0,5 mol L<sup>-1</sup> sofreu alterações na profundidade 2,5 – 5,0 cm possivelmente pelo hidróxido extrair o P ligado aos óxidos de ferro mais cristalinos que passam por alterações intensas em toda a camada de solo saturada pelo alagamento no cultivo arroz irrigado.

Os maiores teores de fósforo nas diferentes frações, para os tratamentos SFT e FNA em relação à Testemunha, devem-se as aplicações anuais de fósforo realizadas naqueles tratamentos.

Na profundidade 0 – 2,5 cm, o tratamento SFT das frações P extraído pela resina de troca aniônica ( $P_{RTA}$ ) e P extraído pelo  $\text{NaHCO}_3$  ( $P_{bic}$ ) apresentaram reduções nos teores de fósforo após o cultivo de arroz irrigado. Gatiboni et al. (2005) também analisaram as formas de fósforo submetidas a várias sucessões de culturas e observaram que as formas inorgânicas de P extraídas por RTA,  $\text{NaHCO}_3$  e  $\text{NaOH}$  0,1 mol L<sup>-1</sup> foram sensíveis a sucessão do cultivos, tendo seus teores modificados pela absorção pelas plantas. A permanência dos teores de fósforo estáveis pelo cultivo de arroz no tratamento

FNA das frações  $P_{RTA}$  e  $P_{bic}$  pode estar relacionado à forma de dissolução e liberação de fósforo pela fonte fosfatada.

Tabela 1. Frações de fósforo inorgânico ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) em duas profundidades de um Planossolo, antes e após o cultivo de arroz irrigado, em função de fontes de adubação fosfatada - superfosfato triplo (SFT) e fosfato natural reativo de Arad (FNA)

Tratamento	Profundidade (cm)			
	0 - 2,5		2,5 - 5,0	
	Antes	Após	Antes	Após
----- P RTA -----				
Testemunha	7,6Ca	3,5Ca	5,3Ba	2,9Ba
SFT	49,0Aa	20,7Bb	24,9Aa	16,5Aa
FNA	38,9Ba	34,4Aa	23,8Aa	19,7Aa
----- Pi bic 0,5 mol L <sup>-1</sup> -----				
Testemunha	10,5Ca	8,4Ba	9,3Ba	8,6Ba
SFT	31,6Aa	17,4Ab	19,3Aa	14,9Aa
FNA	22,5Ba	20,6Aa	14,5Ab	19,6Aa
----- Pi hid 0,1 mol L <sup>-1</sup> -----				
Testemunha	23,0Ba	23,0Ba	19,9Ba	21,9Ba
SFT	41,9Aa	35,1Aa	29,9Aa	29,3ABa
FNA	36,2Aa	40,1Aa	28,2Aa	32,4Aa
----- Pi HCl 1,0 mol L <sup>-1</sup> -----				
Testemunha	2,6Ba	1,3Ba	1,8Ba	1,3Ba
SFT	5,7Aa	4,9Aa	3,9Aa	3,2Aa
FNA	5,6Aa	5,4Aa	3,4Aa	2,7Aa
----- Pi hid 0,5 mol L <sup>-1</sup> -----				
Testemunha	28,8Aa	13,5Ab	25,8Aa	11,3Ab
SFT	29,7Aa	15,1Ab	27,9Aa	12,6Ab
FNA	27,7Aa	15,7Ab	25,9Aa	14,2Ab

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas na coluna e minúsculas na linha dentro de cada profundidade e fração de P diferem estatisticamente pelo Teste de Duncan a 5% de probabilidade. P-RTA: fósforo extraído com a resina de troca aniônica; Pi-bic: fósforo inorgânico extraído com  $\text{NaHCO}_3$ ; Pi-hid 0,1 mol L<sup>-1</sup>: fósforo inorgânico extraído com  $\text{NaOH}$  0,1 mol L<sup>-1</sup>; P-HCl: fósforo extraído com  $\text{HCl}$  1,0 mol L<sup>-1</sup>; Pi-hid 0,5 mol L<sup>-1</sup>: fósforo inorgânico extraído com  $\text{NaOH}$  0,5 mol L<sup>-1</sup>. Testemunha - sem aplicação de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ; SFT - Dose recomendada de  $\text{P}_2\text{O}_5$  na forma de SFT com reaplicação anual; FNA - Dose recomendada de  $\text{P}_2\text{O}_5$  na forma de FNA com reaplicação anual com SFT. Antes e após o cultivo de arroz irrigado.

Os processos de redução do solo que ocorrem durante o alagamento favorecem a solubilização dos óxidos de Fe e liberação do P para solução. Com a drenagem do solo, após o cultivo do arroz, o fósforo associa-se, preferencialmente, a oxihidróxidos de Fe de menor estabilidade, cristalização ou tamanho (ROLIM NETO et al., 2004) o que explica a manutenção de altos teores de fósforo na fração extraída pelo  $\text{NaOH}$  0,1 mol L<sup>-1</sup> ( $P_{hid\ 0,1}$ ). A diminuição da fração de P extraída pelo  $\text{NaOH}$  0,5 mol L<sup>-1</sup> ( $P_{hid\ 0,5}$ ) pode estar relacionada a parcial ou total dissolução durante o alagamento das formas de P ligadas a óxidos de Fe fisicamente protegidos no interior de microagregados (fósforo ocluído) que após a drenagem do solo ainda não teriam tido tempo de se restabilizarem para representar o fósforo dessa fração.

A fração  $P_{HCl}$  não foi influenciada pelo cultivo do arroz irrigado pois o extrator  $\text{HCl}$  extrai as formas de P ligadas à cálcio e estes compostos, além de

estarem presentes em pequena quantidade devido às características de solo, também não sofrem severas influências pelas modificações químicas e biológicas decorrentes do alagamento do solo.

#### 4 CONCLUSÕES

A redistribuição das formas de fósforo no solo ocorre principalmente na camada superficial do solo. Na profundidade 0 – 2,5 cm, as frações de P inorgânicas extraídas pela NaOH 0,5 mol L<sup>-1</sup> em todos os tratamentos e o tratamento SFT das frações extraídas pela RTA e NaHCO<sub>3</sub> diminuíram seus teores no solo após o cultivo de arroz. Todos os tratamentos das frações extraídas pelo NaOH 0,1 mol L<sup>-1</sup>, HCl e os tratamentos testemunha e FNA das frações extraídas pela RTA e NaHCO<sub>3</sub> mantiveram suas concentrações após o cultivo de arroz irrigado.

#### 5 REFERÊNCIAS

- CONDRON, L.M.; GOH, K.M.; NEWMAN, R.H. Nature and distribution of soil phosphorus as revealed by a sequential extraction method followed by <sup>31</sup>P nuclear magnetic resonance analysis. **Journal of Soil Science**, Oxford, v.36, p.199-207, 1985.
- GATIBONI, L.C.; SANTOS, D.R. dos.; ANGHINONI, I.; KAMINSKI, J. Phosphorus Forms and Availability Assessed by <sup>31</sup>P-NMR in Successive Cropped Soil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.36, p.2625-2640, 2005.
- HEDLEY, M.J.; STEWART, J.W.B.; CHAUAN, B.S. Changes in inorganic and organic soil phosphorus fractions induced by cultivation practices and by laboratory incubations. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v.46, p.970-976, 1982.
- MACHADO, A. **Winstat - Sistema de análises estatísticas para o Windows**. Versão 1.0, Pelotas : NIA – Núcleo de Informática Aplicada, Universidade Federal de Pelotas, 2001, CD-ROM.
- MUZILLI, O. Influência do sistema plantio direto, comparado ao convencional, sobre a fertilidade da camada arável do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 7, p.95-102, 1983.
- PHEAV, S.; BELL, R.W.; KIRK, G.J.D.; WHITE, P.F. Phosphorus cycling in rainfed lowland rice ecosystems on sandy soils. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.269, p.89-98, 2005.
- PONNAMPERUMA, F.N. The chemistry of submerged soils. **Advances in Agronomy**, New York, v.24, p.29-96, 1972.
- RAIJ, B. Van. **Fertilidade do Solo e adubação**. Ed. Ceres. 1991. 343p.
- RHEINHEIMER, D.S. ANGHINONI, I; CONTE, E. Fósforo da biomassa em solos sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, n.3, p.589-597, 2000.
- ROLIM NETO, F.C.; SCHAEFER, C.E.G.R.; COSTA, L.M.; CORRÊA, M.M.; FERNANDES FILHO, E.I. & IBTRAIMO, M.M. Adsorção de fósforo, superfície específica e atributos mineralógicos em solos desenvolvidos de rochas vulcânicas do Alto do Paranaíba (MG). **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v.28, p.953-964, 2004.
- SANTOS, D.R.; ANGHINONI, I. Accumulation of soil organic phosphorus by soil tillage and cropping systems in subtropical soils. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.34, n.15/16, p.2339-2354, 2003.
- VAHL, L.C. **Toxidez de ferro em genótipos de arroz irrigado por alagamento**. Porto Alegre - RS. 1991. 140f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.