

Fósforo microbiano e extraível em Latossolo com adição de dejetos suíno sob plantio direto de milho

Microbial phosphorus and exchange in oxisol with add of suine sludge on maize no-tillage

James Rodrigo Mariotto^{1*}, Osmar Klauberg Filho², Isabel Cristina Mendonça Cardoso³, Anelize Nunes Neves¹, David José Miquelluti²

Recebido em 05/11/2009; aprovado em 18/12/2013.

RESUMO

A utilização de adubos orgânicos promove a entrada de quantidades significativas de fósforo disponível às plantas e a biomassa microbiana, podendo diminuir sua adsorção no solo. O objetivo foi avaliar o efeito da adição de doses de dejetos suíno na compartimentalização de P microbiano e formas lábeis com relação ao tempo de aplicação sobre um Latossolo Vermelho distroférico. Em outubro de 2007 foram aplicados 0, 25, 50, 100 e 200 m³ ha⁻¹ de dejetos suíno, adubação solúvel com N P K e combinação de adubação solúvel com 25 m³ de dejetos suíno. Aos 0, 5, 14, 22, 36 e 61 dias após a aplicação (daa) foram realizadas coletas de solos de 0-10 cm de profundidade para avaliação de P-mic, P-RTA, P-Mehlich. As variáveis foram analisadas nos tratamentos em cada momento de leitura e, entre os momentos dentro de cada tratamento por meio de contrastes, sendo: C1 = T1 - T2 - T3 - T4 - T5 - T6 - T7; C2 = T6 - T7; C3 = T7 - T2; C4 = T2 - T3; C5 = T3 - T4 e C6 = T4 - T5 para cada momento de leitura e para cada tratamento efetuado: C1 = 5 daa - 14 daa; C2 = 14 daa - 22 daa; C3 = 22 daa - 36 daa e C4 = 36 daa - 61 daa. Os resultados foram submetidos ao teste “t” de Student (p<0,05). Houve diferença entre os tratamentos de P-mic, P-RTA and P-Mehlich, variando de 1,80 a 22,59 mg kg⁻¹ para P-mic, 0,30 a 102,00 mg kg⁻¹ para

P-RTA e 0,94 a 52,31 mg kg⁻¹ para P-Mehlich. Houve incremento médio de 43,24; 51,55; 51,22; 121,23 e 360,57% do P-RTA quando incorporado pela biomassa microbiana em 5, 14, 22, 36 e 61 daa, respectivamente.

PALAVRAS-CHAVES: resina trocadora de anions, biomassa microbiana, matéria orgânica.

SUMMARY

The use of organic fertilizers like pig slurry promotes the input of significant amounts of P available to plants and microbial biomass, leading to a decrease on P adsorption. This work aimed to evaluate the effect of pig slurry application in crescent rates on the dynamic of microbial phosphorus, anion membrane exchange and Mehlich I. Pig slurry (0, 25, 50, 100 and 200 m³ ha⁻¹) was applied on a Brazilian Oxisol. At 0; 5; 14; 22; 36 and 61 days after application the soil was collected (0-10 cm) evaluating P-microbiotic, anion exchange resin and P-Mehlich. The contrasts used were: C1 = T1 - T2 - T3 - T4 - T5 - T6 - T7; C2 = T6 - T7; C3 = T7 - T2; C4 = T2 - T3; C5 = T3 - T4 e C6 = T4 - T5 at treatments in the reading moments and the contrasts to: C1 = 5 daa - 14 daa; C2 = 14 daa - 22 daa; C3 = 22 daa - 36 daa e C4 = 36 daa - 61 daa, at moments in the treatments), tested by “t” student test (p<0,05).

¹Programa de Pós-graduação em Manejo do Solo, Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina – CAV/UEDESC, Av. Luiz de Camões, 2090, Bairro Conta Dinheiro, CEP 88520-00, Lages, SC, Brasil. Email: jamesmariotto@yahoo.com.br. *Autor para correspondência.

² Departamento de Solos e Recursos Naturais - CAV/UEDESC.

³ Programa de Pós-graduação em Ciências Agrárias, Instituto Federal Goiano, IF Goiano, Instituto Federal Goiano, Rua 88, nº 310, Setor Sul, CEP 74085-010, Goiânia, GO, Brasil.

Data showed that there was a difference between the treatments P-mic, P-RTA and P-Mehlich, ranging from 1.80 at 22.59 mg kg⁻¹ to P-mic, 0.30 at 102.00 mg kg⁻¹ to P-RTA and 0.94 at 52.31 mg kg⁻¹ to P-Mehlich. On average 43.24; 51.55; 51.22; 121.23 e 360.57% of the P-RTA was incorporated by microbial biomass in time, 5, 14, 22, 36 e 61 daa, respectively.

KEY WORDS: anion exchange resin, microbial biomass, organic matter.

INTRODUÇÃO

A suinocultura brasileira constitui atividade predominantemente de pequenas propriedades rurais e está presente em 46,5% das 5,8 milhões de propriedades existentes no país, empregando mão de obra tipicamente familiar (MATOS, 2006 apud PERDOMO et al., 2006). Entretanto, sendo o solo o ambiente mais utilizado para o descarte de dejetos suínos (DS) e onde ocorrem fenômenos de tamponamento e reações químicas, este pode apresentar capacidade variada de tolerar a adição de DS. Por outro lado, aplicações não controladas de DS no solo podem causar excesso de nitrato e sais, acumulação de fósforo (P) e metais pesados, transporte de patógenos, além da emissão de amônia e metano para a atmosfera.

No solo, a biomassa microbiana, definida como a parte viva da matéria orgânica (MO), atua como reservatório dinâmico de nutrientes e como transformadora da MO, desempenhando papel fundamental na ciclagem biogeoquímica dos nutrientes e na sua disponibilidade. No caso do fósforo, atua mineralizando e imobilizando o P orgânico, solubilizando o P inorgânico e melhorando a eficiência de utilização do P no caso das associações entre plantas e fungos micorrízicos (PAUL e CLARK, 1996). Por ser uma fonte de nutrientes, a biomassa microbiana influencia a produtividade das plantas. Além disso, o P contido nesta biomassa está disponível após a mineralização, principalmente na rizosfera, facilitando a absorção pelas plantas.

O fósforo microbiano (P-mic) tem se

mostrado promissor para avaliação da dinâmica do P no solo. Em solos sob pastagens os valores de fluxo anual de P-mic podem chegar a 23 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de P e em solos cultivados as reduções de P podem chegar 7 kg ha⁻¹ ano⁻¹ (BROOKES et al., 1982), o que mostra a importância da biomassa microbiana na ciclagem do P no solo.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da adição de doses de dejetos suíno na imobilização de P pela biomassa microbiana e pelas formas lábeis de um Latossolo Vermelho distroférico sob plantio direto de milho, e sua relação com o tempo de aplicação.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em área experimental implantada na propriedade rural de um produtor de suínos afiliado à Cooperativa Regional de Campos Novos (Coopercampos), localizada no município de Campos Novos, SC, com altitude média de 863 m e as seguintes coordenadas geográficas no ponto central da área do experimento W 51°21'47" e S 27°23'34,5". O experimento foi instalado em outubro de 2001 sobre um Latossolo Vermelho distroférico, com as seguintes características químicas iniciais: pH= 6,1; índice SMP= 6,0; Al= <0,01 cmol_c kg⁻¹; Ca= 8,2 cmol_c kg⁻¹; Mg= 4,6 cmol_c kg⁻¹; P= 6,4 mg kg⁻¹; K= 67 mg kg⁻¹ e MO= 43 g kg⁻¹.

Tratamentos e delineamento experimental

Na área experimental foram utilizados anualmente os seguintes tratamentos: T1 (0 m³ ha⁻¹ de DS), T2 (25 m³ ha⁻¹ de DS), T3 (50 m³ ha⁻¹ de DS), T4 (100 m³ ha⁻¹ de DS), T5 (200 m³ ha⁻¹ de DS), T6 (Adubação Solúvel com NPK), conforme recomendação do Manual de Adubação e Calagem (2004); e T7 (Adubação Solúvel + 25 m³ ha⁻¹ de DS). Os dejetos usados apresentavam características químicas diferentes entre os anos de aplicação (Tabela 1), sendo distribuído a lanço sobre a palhada da aveia, dez dias antes da semeadura do milho, utilizando-se um distribuidor de dejetos líquido. Os demais tratamentos também foram aplicados a lanço na

Tabela 1 - Valor de pH e teores de MS, macronutrientes e micronutrientes no dejetto suíno (base úmida) empregado em aplicações anuais no experimento.

Época de aplicação	pH	MS	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Zn	Fe	Mn
		%kg m ³g m ³			
out/01	6,7	66	3,4	1,40	1,20	3,30	1,12	ND ¹	1,2	8,0	11,9	5,2
nov/02	7,1	26	2,6	0,97	1,20	1,80	0,71	ND	ND	ND	ND	ND
out/03	6,9	32	2,6	1,12	1,30	2,10	0,85	ND	ND	ND	ND	ND
out/04	7,3	43	3,7	1,43	1,54	2,80	1,20	ND	ND	ND	ND	ND
out/05	7,8	56	3,2	1,51	1,12	1,80	0,90	ND	8,8	3,2	ND	ND
out/06	7,0	114	4,6	2,81	1,68	1,66	0,85	0,84	3,4	4,6	9,0	12,8
nov/07	7,3	55	2,7	1,81	1,11	1,49	0,76	0,51	2,7	4,1	7,8	9,6

¹ ND: Valor não determinado.

superfície. Na safra de 2000/2001, ano anterior à primeira aplicação dos tratamentos, foi realizado pelo proprietário uma adubação com DS em toda área, com a dose de 20 m³ ha⁻¹.

Os tratamentos foram dispostos em blocos casualizados, com quatro repetições, totalizando 28 parcelas com área de 75,6 m² (12 m x 6,3 m). No tratamento T6 foram utilizados 140 kg ha⁻¹ de N em todo o ciclo, sendo 40 kg ha⁻¹ na base e 100 kg ha⁻¹ em cobertura e 70 kg ha⁻¹ de P e 100 kg ha⁻¹ de K, ambos aplicados na base. No tratamento T7, além do DS, foram utilizados 70 kg ha⁻¹ de K aplicado na base e 45 kg ha⁻¹ de N aplicado em cobertura.

Amostragem de solo

A amostragem de solo para o presente trabalho foi realizada na safra 2007/2008, entre o período de novembro e janeiro, após a dessecação da cultura da aveia e fase inicial da cultura do milho. Foram realizadas seis amostragens de solo para a determinação dos teores de P da biomassa microbiana (P-mic), P extraível por resina trocadora de ânions (P-RTA), P extraível por Mehlich 1 (P-Mehlich), pH-água, índice SMP, temperatura e umidade do solo, em resposta aos tratamentos de adubação mineral e/ou com dejetto líquido de suíno. A primeira amostragem de solo foi realizada antes da aplicação de DS e as subsequentes com 5, 14, 22, 36 e 61 dias após a aplicação do mesmo (daa).

Em cada parcela experimental foi

coletada uma amostra de solo composta por oito subamostras na camada de 0-10 cm de profundidade, utilizando-se trado do tipo holandês. Em cada ponto de coleta foi realizada uma leitura da temperatura do solo a 10 cm de profundidade. As amostras de solo foram peneiradas com crivo de 2 mm e metade foi armazenada em sacos plásticos em geladeira durante o período de análise do P-mic e umidade. A metade restante foi seca até se obter terra fina seca ao ar (TFSA) e armazenadas em embalagens de papel em temperatura ambiente para as determinações de P-RTA, P-Mehlich, pH-água e índice SMP.

Características avaliadas

Os teores de P da biomassa microbiana (P-mic) foram determinados utilizando o método da fumigação com clorofórmio e extração com bicarbonato de sódio, como descrito por Brookes (1982) e Olsen e Sommers (1982). Determinou-se, ainda, o teor de P extraível, utilizando o método da resina trocadora de ânions (RTA), como descrito por Gatiboni (2003); e o teor de P por Mehlich 1, segundo Tedesco et al. (1995) e determinado segundo Gatiboni (2003).

Os valores de pH em água foram determinados utilizando a proporção solo:água de 1:1 e para o índice SMP com a adição de solução tamponada a pH 7,5, segundo Tedesco et al. (1995).

Análises estatísticas

As análises estatísticas foram implementadas adotando-se um modelo linear de análise de covariância com medidas repetidas no tempo (LITTEL et al., 2006). As comparações entre os valores médios, corrigidos em relação aos valores iniciais, de cada uma das variáveis analisadas nos diferentes tratamentos em cada momento de leitura e, entre os momentos dentro de cada tratamento foram efetuadas por meio de contrastes específicos, sendo eles: C1 = 6T1 - T2 - T3 - T4 - T5 - T6 - T7; C2 = T6 - T7; C3 = T7 - T2; C4 = T2 - T3; C5 = T3 - T4 e C6 = T4 - T5 para cada momento de leitura e para cada tratamento efetuado: C1 = 5 daa - 14 daa; C2 = 14 daa - 22 daa; C3 = 22 daa - 36 daa e C4 = 36 daa - 61 daa. Os contrastes foram testados através do teste “t” de Student ($p < 0,05$). Para as análises utilizou-se o procedimento mixed (LITTEL et al., 2006) do software computacional estatístico SAS® (Statistical Analysis System, 2003).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 2 apresenta a média \pm desvio padrão, para os tratamentos avaliados nos diferentes tempos de amostragem. Os teores de pH em água e umidade do solo não apresentaram correlação significativa com os teores de P-mic, P-RTA e P-Mehlich do solo, com valores médios de 5,21 a 5,67, entre os tempos de amostragem, e de 5,25 a 5,68, entre os tratamentos aplicados para os teores de pH em água, e valores médios para a umidade do solo entre 24,60 a 38,05% entre os tempos de amostragem e de 30,35 a 34,58% entre os tratamentos aplicados.

Os teores de P-mic variaram de 1,80 a 22,59 mg kg⁻¹ (Tabela 2), sendo o menor valor observado aos 61 daa no tratamento sem adubação (T1) e o maior aos 61 daa com 200 m³ de DS (T5). Em média, o menor valor de P-mic (3,13 mg kg⁻¹) ocorreu quando utilizada adubação solúvel (T6), e o maior (13,39 mg kg⁻¹) com a aplicação de 100 m³ ha⁻¹ de dejetos (T4). Ao avaliar a dose de 50 m³ ha⁻¹, taxa de adição máxima permitida em SC, verificou-se que a partir de 14 daa o teor de P-mic

em T4 supera o encontrado em T3, sendo 79,2%, 131,4%, 19% e 92% maior aos 14, 22, 36 e 61 daa, respectivamente (Tabelas 2 e 3). Este resultado pode indicar que essa dose mantém níveis elevados de P-mic. Isso influenciaria a dinâmica e ciclagem de P no solo, mantendo uma reserva lábil de P no solo e melhoraria as condições de absorção de P pelas plantas. Resultados semelhantes foram obtidos por Matos et al. (2006), que estudaram o efeito da adubação orgânica e inorgânica sobre as formas de P nas culturas de milho consorciado com feijão. Estes autores verificaram que o teor de P-mic na camada de 0 a 10 cm variou de 1,0 a 7,5 mg kg⁻¹, com os maiores valores encontrados no tratamento com adubação mineral combinado com adubo orgânico. O P-mic foi em média 262% maior no tratamento com adição de composto orgânico em milho e 164% em média para o sistema consorciado com feijão. Neste caso, a biomassa microbiana serve como reservatório de P às plantas, impedindo que parte do P adicionado via orgânica ou mineral seja transformado em formas menos disponíveis para as culturas. Em trabalho similar, Zamuner et al. (2008), estudando a relação do P orgânico e inorgânico do solo sob diferentes sistemas de preparo do solo, encontraram diferenças significativas na concentração de P-mic entre os sistemas de preparo do solo, sendo o teor de P-mic maior no plantio direto do que no convencional em todas as profundidades amostradas. Os teores de P-mic variaram de 33,75, 36,25 e 10,00 mg kg⁻¹ no plantio direto para 9,75, 1,00 e 0,25 mg kg⁻¹ no plantio convencional, respectivamente, nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20. Esses dados corroboram com Lukito et al. (1998), que observaram que a quantidade de P-mic pode ser aumentada pela adição de fertilizantes, uma vez que a biomassa microbiana atua como dreno de P no solo.

No entanto, o processo de imobilização é temporário e o P-mic posteriormente atua como fonte de P, devido a sua alta labilidade, indicando, assim, que os processos biológicos podem minimizar os impactos de práticas agrícolas, contribuindo para a nutrição vegetal em longo

Tabela 2 - Teores de P microbiano (P-mic, mg kg⁻¹), P extraível com resina trocadora de ânions (P-RTA, mg kg⁻¹), P extraível por Mehlich 1 (P-Mehlich, mg kg⁻¹) e valores de pH em água e umidade do solo (%), em Latossolo Vermelho distroférico ao longo de 61 dias após a adubação superficial com doses de dejetos suíno e adubação solúvel. Safra 2007/2008.

Tempo (daa)		Tratamentos						
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
0	P-mic	8,57±1,17	7,84±1,14	8,81±1,94	17,38±2,00	10,75±1,46	3,51±1,46	5,86±1,79
	P-RTA	2,37±0,67	4,55±1,25	13,35±6,61	20,98±2,74	55,68±13,51	4,59±1,63	9,87±3,06
	P-Mehlich	1,52±0,29	1,80±0,57	4,43±1,89	6,19±1,79	20,69±2,68	2,13±0,42	3,82±0,95
	pH-água	5,46±0,19	5,47±0,21	5,57±0,26	5,41±0,29	5,47±0,19	5,15±0,09	5,39±0,24
	Umidade	29,36±2,06	32,14±1,03	32,79±1,99	32,78±1,37	32,46±0,43	31,52±1,35	33,17±1,11
5	P-mic	2,01±0,60	10,82±3,26	9,44±1,70	4,79±1,15	10,13±0,29	2,39±1,15	6,03±1,78
	P-RTA	2,57±0,70	11,44±1,28	17,24±1,34	46,57±16,57	101,99±6,89	12,24±1,34	17,18±1,42
	P-Mehlich	1,71±0,57	3,44±0,29	8,03±0,59	20,48±6,24	52,31±5,88	4,63±0,59	6,56±0,32
	pH-água	5,59±0,19	5,37±0,13	5,37±0,27	5,24±0,22	5,54±0,29	5,00±0,08	5,31±0,33
	Umidade	34,24±1,46	37,91±2,09	39,37±0,28	40,17±0,47	40,37±1,63	36,55±1,38	37,73±2,07
14	P-mic	3,53±0,61	6,64±2,43	6,83±1,93	12,24±3,51	5,48±0,43	4,78±1,99	3,26±0,59
	P-RTA	3,06±1,34	8,42±1,17	16,91±5,10	33,12±9,07	84,32±20,87	7,71±1,65	15,74±4,38
	P-Mehlich	1,52±0,65	3,12±0,23	5,83±1,43	19,86±4,58	45,58±14,25	3,34±1,00	6,26±1,84
	pH-água	5,41±0,28	5,25±0,15	5,16±0,27	5,11±0,18	5,24±0,19	5,10±0,47	5,17±0,20
	Umidade	30,55±2,08	35,53±1,29	37,41±7,59	38,02±1,74	39,35±4,06	33,34±1,76	35,17±1,24
22	P-mic	2,77±1,51	4,14±2,46	6,78±0,66	15,69±3,33	15,09±2,40	2,15±1,33	3,54±1,66
	P-RTA	3,55±2,05	5,22±0,43	12,74±3,23	20,54±0,95	84,06±20,88	9,23±4,19	11,67±5,79
	P-Mehlich	1,41±0,61	2,47±0,59	4,37±1,12	8,61±2,64	44,05±10,86	2,95±0,47	4,48±1,71
	pH-água	6,05±0,15	5,55±0,17	5,40±0,48	5,26±0,21	5,25±0,14	5,42±0,16	5,55±0,26
	Umidade	31,59±1,27	29,96±1,19	32,51±2,49	32,67±0,76	35,39±1,40	25,82±9,92	32,62±0,94
36	P-mic	6,72±1,65	4,54±0,69	11,45±2,43	13,65±2,55	7,43±1,59	3,00±0,11	9,45±0,20
	P-RTA	1,74±1,11	4,15±1,01	12,96±2,47	16,02±2,87	44,21±9,63	4,49±1,00	9,95±1,85
	P-Mehlich	1,99±0,98	3,86±0,55	6,15±0,45	13,43±3,93	44,87±8,28	3,58±0,27	4,44±0,48
	pH-água	5,71±0,16	5,62±0,17	5,47±0,26	5,26±0,30	5,29±0,15	5,47±0,17	5,66±0,16
	Umidade	30,53±0,17	34,25±1,18	33,59±1,20	34,89±1,37	35,93±0,74	31,78±1,55	33,70±0,36
61	P-mic	1,80±0,54	2,74±0,21	8,63±0,89	16,59±7,12	22,59±4,34	2,99±0,66	2,25±1,42
	P-RTA	0,39±0,19	0,34±0,11	1,90±0,95	7,35±3,97	14,97±6,81	0,98±0,89	1,80±1,82
	P-Mehlich	0,94±0,16	0,97±0,09	1,53±0,42	5,34±2,49	8,95±3,13	1,35±0,20	2,09±1,03
	pH-água	5,82±0,33	5,77±0,37	5,99±0,30	5,56±0,22	5,55±0,31	5,37±0,15	5,66±0,19
	Umidade	25,82±1,30	23,58±0,62	23,31±3,68	24,35±0,38	24,01±0,84	26,00±1,24	25,11±0,49

Tempo: 0, 5, 14, 22, 36 e 61 dias após a aplicação (daa).

Tratamentos: T1= 0 m³ ha⁻¹ de DS; T2= 25 m³ ha⁻¹ de DS; T3= 50 m³ ha⁻¹ de DS; T4= 100 m³ ha⁻¹ de DS; T5= 200 m³ ha⁻¹ de DS; T6= Adubação Solúvel; T7= Adubação Solúvel + 25 m³ ha⁻¹ de DS.

prazo (MARTINAZZO et al., 2007).

Os teores mais elevados de P-mic antes da aplicação foram observados nos tratamentos T4 e T5 (17,38 e 10,75 mg kg⁻¹, respectivamente), enquanto os tratamentos com adubação solúvel (T6 e T7) apresentaram teores 0,41 a 0,68 vezes menores que os observados em T1. Isto aponta para um efeito positivo da adição de DS sobre a biomassa microbiana, pois aumenta o compartimento lábil de P no solo em relação à adubação solúvel, uma vez que, além de P ocorre à entrada de carbono, favorecendo a absorção e desenvolvimento da cultura e diminuindo as perdas por adsorção do P aos colóides do solo.

Na análise dos teores de P-extraível (P-RTA e P-Mehlich) apresentaram variação (Tabela 3), com valores crescentes com o aumento das doses de DS (Tabela 2), sendo os teores máximos observados na dose de 200 m³ (T5) em todos os tempos de amostragem. Esses valores variaram de 0,39 a 102,00 mg kg⁻¹ para P-RTA e de 0,97 a 52,31 mg kg⁻¹ para P-Mehlich, ao longo do tempo de amostragem. Aos 5 daa, T5 já apresentou os valores máximos. A partir de 14 daa observou-se uma diminuição gradual para todos os tratamentos, diferindo apenas na quantidade extraída por cada método, podendo essa diminuição estar relacionado ao aumento do volume de raízes de milho e consequente aumento na absorção de P a partir de 22 daa.

O P-RTA apresentou maior capacidade de extração quando comparado com o P-Mehlich (Tabela 2). Os teores médios de P-RTA variaram de 2,28 mg kg⁻¹ em T1 a 64,21 mg kg⁻¹ em T5, com extração máxima de 102,00 mg kg⁻¹ aos 5 daa para a maior dose aplicada. Entretanto, para o P-Mehlich verificou-se que os teores extraídos foram em média 50% do que a extraídos pelo P-RTA, variando de 1,51 mg kg⁻¹ em T1 a 36,08 mg kg⁻¹ na maior dose aplicada (T5), com extração máxima de 52,31 mg kg⁻¹ em 5 daa para a maior dose de DS (Tabelas 2, 3 e 5). Essa diferença pode ser devido ao fato do método da RTA ser mais eficiente do que o Mehlich 1 para estimativas de teores de P disponível em solos argilosos e por ocorrer readsorção de P durante a extração pelo

Mehlich 1, como relatado por Gatiboni (2003). Uma das razões para essa diferença é a redução da disponibilidade ao longo do tempo, que pode indicar maior adsorção ao solo do P adicionado via adubo solúvel ou dejetos, à medida que a adubação fica em contato direto com as partículas do solo por um período maior de tempo, tornando-se menos disponível as plantas. Este fato deve ser avaliado em trabalhos futuros, dada à importância da biomassa microbiana na dinâmica e ciclagem de nutrientes no solo, em especial o P, que apresenta deficiência acentuada, em solos tropicais altamente intemperizados, devido ao alto potencial dos processos de adsorção do íon fosfato aos óxidos e hidróxidos de Fe e Al.

Quando comparado os teores extraíveis de P-Mehlich nas doses aplicadas ao longo do tempo de amostragem, verifica-se que para T5 ocorre um incremento inicial no teor de P extraível, passando de 20,69 mg kg⁻¹ antes da aplicação do dejetos para 52,31 mg kg⁻¹ aos 5 daa, a partir do qual decai gradativamente até 8,95 mg kg⁻¹ em 61 daa. Comportamento semelhante foi verificado para T4, partindo de 6,19 mg kg⁻¹ antes da aplicação para 20,48 mg kg⁻¹ em 5 daa, decaindo gradativamente para 5,33 mg kg⁻¹ em 61 daa, (Tabelas 2 e 5), indicando que após 61 daa houve tendência à estabilização do sistema, mesmo para as maiores doses de dejetos aplicadas. De acordo com teores indicados pela Comissão de Química e Fertilidade do Solo (CQFS) – RS/SC (CQFS-RS/SC, 2004), onde os níveis de P são considerados muito altos quando acima de 12 mg kg⁻¹ para a classe de solo 1, tem-se que tanto T4 quanto T5 não ultrapassaram o limite estipulado pela CQFS – RS/SC. De forma semelhante, Ceretta et al. (2005), verificaram que o teor de P disponível no solo aumentou com a aplicação de DS ao longo do tempo. Aos 8,3 meses após a aplicação de dejetos, a magnitude do aumento do P disponível na camada de 0 a 10 cm foi de 242% e 580% com aplicação de 20 e 40 m³ ha⁻¹, respectivamente, e aos 48 meses, o aumento verificado foi de 3.943% e 6.710% nas mesmas doses. Isso concorda com Nziguheba et al. (1998), que avaliaram o efeito da entrada

Tabela 3 - Análise de contrastes entre os tratamentos de adubação, em cada tempo de amostragem (5, 14, 22, 36 e 61 daa) para os teores de P na biomassa microbiana (P-mic, mg kg⁻¹), teores de P extraível por Resina Trocadora de Ânions (P-RTA, mg kg⁻¹) e por Mehlich 1 (P-Mehlich, mg kg⁻¹).

Contrastes	Tempo	P-mic		P-RTA		P-mehlich	
		Estimativa	Prob	Estimativa	Prob	Estimativa	Prob
C1	5	-31,2122	0,0001	-148,7700	0,0001	-66,9480	0,0001
C2		-3,3710	0,0273	-2,5687	0,5525	-0,9052	0,7198
C3		-4,5634	0,0029	3,3508	0,4387	1,8965	0,4550
C4		1,4890	0,3204	-1,8510	0,6718	-2,9925	0,2446
C5		5,6161	0,0016	-25,9096	0,0001	-11,3775	0,0001
C6		-6,0854	0,0003	-39,8656	0,0001	-22,9783	0,0001
C1	14	-17,7497	0,0105	-105,3700	0,0001	-56,6380	0,0001
C2		1,7915	0,2374	-5,6512	0,1925	-1,8852	0,4554
C3		-3,1609	0,0375	4,9233	0,2559	1,9115	0,4514
C4		-0,0835	0,9555	-4,5360	0,3001	-1,1100	0,6653
C5		-4,4414	0,0117	-12,7921	0,0038	-12,9550	0,0001
C6		6,0071	0,0004	-35,6331	0,0001	-16,8758	0,0001
C1	22	-30,4647	0,0001	-79,6630	0,0003	-40,2480	0,0031
C2		-1,1260	0,4570	-0,0712	0,9869	-0,5002	0,8428
C3		-0,3809	0,8004	4,0608	0,3483	0,7740	0,7602
C4		-2,5310	0,0924	-3,5660	0,4189	-0,2950	0,9084
C5		-7,9514	0,0001	-4,3771	0,3153	-3,1650	0,2115
C6		-0,1429	0,9308	-47,9631	0,0001	-26,5958	0,0001
C1	36	-8,8872	0,1956	-38,8555	0,0720	-46,0980	0,0007
C2		-6,1835	0,0001	-3,0912	0,4749	0,1648	0,9479
C3		5,1366	0,0009	3,4133	0,4302	-0,6460	0,7989
C4		-6,8060	0,0001	-4,8585	0,2672	-0,6875	0,7887
C5		-1,2389	0,4768	0,3604	0,9340	-6,2125	0,0151
C6		5,4821	0,0011	-12,6281	0,0187	-22,5933	0,0001
C1	61	-44,6822	0,0001	17,5295	0,4145	3,6520	0,7841
C2		0,9990	0,5092	1,5513	0,7197	0,2798	0,9117
C3		-0,2709	0,8573	-0,9267	0,8302	-0,1035	0,9674
C4		-5,7810	0,0002	2,3840	0,5854	1,0400	0,6852
C5		-6,9964	0,0001	-2,0710	0,6413	-2,7300	0,2808
C6		-6,7404	0,0001	7,9469	0,1364	5,2292	0,2105

Tratamentos: T1= 0 m³ ha⁻¹ de DS; T2= 25 m³ ha⁻¹ de DS; T3= 50 m³ ha⁻¹ de DS; T4= 100 m³ ha⁻¹ de DS; T5= 200 m³ ha⁻¹ de DS; T6= Adubação Solúvel; T7= Adubação Solúvel + 25 m³ ha⁻¹ de DS.
 Contrastes: C1 = 6T1 - T2 - T3 - T4 - T5 - T6 - T7; C2 = T6 - T7; C3 = T7 - T2; C4 = T2 - T3; C5 = T3 - T4 e C6 = T4 - T5.

de materiais orgânicos (*Tithonia diversifolia* e milho) e fertilizante fosfatado inorgânico (Super fosfato triplo) sobre as frações do P no solo. Estes autores verificaram que a aplicação de fontes orgânicas de P com alta qualidade ou uma fonte inorgânica, isoladas ou combinadas, aumentou o teor de P inorgânico lábil, extraído por resina e bicarbonato, com valores variando de 2,53 a 8,09 mg kg⁻¹ na segunda semana após a aplicação dos tratamentos e de 3,64 a 7,94 mg kg⁻¹ na 16ª semana, dependendo da qualidade da adubação adicionada.

Acredita-se que a manutenção do P em formas orgânicas conduz a sistemas de maior sustentabilidade, pois há o retardamento dos processos de adsorção de P e em sistemas como o plantio direto, onde não há o revolvimento e incorporação de resíduos ao solo, a quantidade de P-mic é maior quando comparado a outros sistemas de preparo (RHEINHEIMER et al., 2000), além de maiores teores de água no solo e a manutenção de temperaturas ideais para o desenvolvimento da biomassa microbiana. Kwabiah et al. (2003), verificaram a disponibilidade de P extraível e resposta do milho a entrada de cultivares de plantas de cobertura e fertilizantes inorgânicos e constataram que o P extraível com resina para todos os tratamentos utilizados apresentou diminuição significativa após a aplicação dos

tratamentos, com valores variando de 4,4 a 43,8 mg kg⁻¹ na 1ª semana e de 3,1 a 26,7 mg kg⁻¹ na 11ª semana após a aplicação dos tratamentos. Esse declínio segundo os autores é devido a alguns fatores: i) transformação e transporte de fósforo pelos processos de mineralização e imobilização microbiana; ii) sorção de fósforo pelo solo; e/ou iii) absorção pela cultura do milho.

Com base na análise dos valores antes da aplicação de DS, observaram-se diferenças nos teores de P-mic, de P-RTA e de P-Mehlich em função dos tratamentos de adubação e do tempo de amostragem após a aplicação dos tratamentos no solo (Tabela 3 e 5). T1 apresentou teor médio de P-mic menor que a média dos teores observados em todos os outros tratamentos, independentemente do tempo de amostragem (Tabela 3 e 5).

Já a partir de 22 daa observou-se que os teores de P-mic são maiores nos tratamentos de 100 e 200 m³ ha⁻¹ (T3 e T4), indicando que a adubação com DS pode estimular a atividade microbiana, formando um compartimento lábil de P no solo. Isto pode influenciar a quantidade de P adsorvido no solo, uma vez que ficará temporariamente imobilizado na biomassa microbiana.

A adição de DS ao solo pode ocasionar variação nos teores de P-mic iniciais e relação

Tabela 4 - Relação P-mic: P-RTA em Latossolo Vermelho distroférico, ao longo de 61 dias após a adubação com doses de dejetos suíno. Safra 2007/2008.

Tratamentos	0 ¹	5	14	22	36	61	Média
	P-mic:P-RTA						
T1 (0 kg P ha ⁻¹)	3,62	0,79	1,15	0,78	3,87	4,57	2,46
T2 (45,25 kg P ha ⁻¹)	1,72	0,95	0,79	0,79	1,09	8,06	2,23
T3 (90,5 kg P ha ⁻¹)	0,66	0,55	0,40	0,53	0,88	4,54	1,26
T4 (181 kg P ha ⁻¹)	0,83	0,10	0,37	0,76	0,85	2,26	0,86
T5 (362 kg P ha ⁻¹)	0,19	0,10	0,06	0,18	0,17	1,51	0,37
T6 (70 kg P ha ⁻¹)	0,77	0,20	0,62	0,23	0,67	3,05	0,92
T7 (22,6 kg P ha ⁻¹)	0,59	0,35	0,21	0,30	0,95	1,25	0,61
Média	1,20	0,43	0,52	0,51	1,21	3,61	

¹ Dias após a aplicação de DS (daa).

Tratamentos: T1= 0 m³ ha⁻¹ de DS; T2= 25 m³ ha⁻¹ de DS; T3= 50 m³ ha⁻¹ de DS; T4= 100 m³ ha⁻¹ de DS; T5= 200 m³ ha⁻¹ de DS; T6= Adubação Solúvel; T7= Adubação Solúvel + 25 m³ ha⁻¹ de DS.

Tabela 5 - Análise dos contrastes em cada tempo de amostragem (5, 14, 22, 36 e 61 daa) nos tratamentos de adubação, para os teores de P na biomassa microbiana (P-mic, mg kg⁻¹), P extraível por Resina Trocadora de Ânions (P-RTA, mg kg⁻¹) e P extraível por Mehlich 1 (P-Mehlich, mg kg⁻¹).

Contrastes	Tratamentos	P-mic		P-RTA		P-mehlich	
		Estimativa	Prob	Estimativa	Prob	Estimativa	Prob
C1		-1,5150	0,3109	-0,4900	0,9092	0,1925	0,9352
C2	T1	0,7575	0,6119	-0,4925	0,9087	0,1100	0,9623
C3	0,0 kg P ha ⁻¹	-3,9500	0,0090	1,8125	0,6731	-0,5900	0,8109
C4		4,9200	0,0012	1,3425	0,7547	1,0575	0,6716
C1		4,1800	0,0058	3,0175	0,4828	0,3200	0,8924
C2	T2	2,4975	0,0961	3,2000	0,4568	0,6425	0,7823
C3	45,25 kg P ha ⁻¹	-0,3950	0,7912	1,0725	0,8028	-1,3825	0,5752
C4		1,7925	0,2310	3,8125	0,3755	2,8875	0,2482
C1		2,6075	0,0824	0,3325	0,9383	2,2025	0,3530
C2	T3	0,0500	0,9733	4,1700	0,3325	1,4575	0,5310
C3	90,5 kg P ha ⁻¹	-4,6700	0,0021	-0,2200	0,9591	-1,7750	0,4721
C4		2,8175	0,0608	11,0550	0,0111	4,6150	0,0661
C1		-7,4500	0,0001	13,4500	0,0021	0,6250	0,7917
C2	T4	-3,4600	0,0218	12,5850	0,0040	11,2475	0,0001
C3	181 kg P ha ⁻¹	2,0425	0,1726	4,5175	0,2940	-4,8225	0,0523
C4		-2,9400	0,0505	8,6675	0,0453	8,0975	0,0015
C1		4,6425	0,0023	17,6825	0,0001	6,7275	0,0053
C2	T5	-9,6100	0,0001	0,2550	0,9527	1,5275	0,5115
C3	362 kg P ha ⁻¹	7,6675	0,0001	39,8525	0,0001	-0,8200	0,7395
C4		-15,1625	0,0001	29,2425	0,0001	35,9200	0,0001
C1		-2,3850	0,1118	4,5175	0,2929	1,2850	0,5873
C2	T6	2,6350	0,0793	-1,5175	0,7239	0,3950	0,8651
C3	70 kg P ha ⁻¹	-0,8550	0,5669	4,7400	0,2709	-0,6275	0,7991
C4		0,0175	0,9906	3,5100	0,4144	2,2300	0,3720
C1		2,7775	0,0645	1,4450	0,7366	0,3050	0,8974
C2	T7	-0,2825	0,8499	4,0625	0,3451	1,7800	0,4445
C3	22,6 kg P ha ⁻¹	-5,9150	0,0001	1,7200	0,6889	0,0375	0,9879
C4		7,2000	0,0001	8,1525	0,0595	2,3450	0,3479

Tratamentos: T1= 0 m³ ha⁻¹ de DS; T2= 25 m³ ha⁻¹ de DS; T3= 50 m³ ha⁻¹ de DS; T4= 100 m³ ha⁻¹ de DS; T5= 200 m³ ha⁻¹ de DS; T6= Adubação Solúvel e T7= Adubação Solúvel + 25 m³ ha⁻¹ de DS.

Contrastes: C1 = 5 daa – 14 daa; C2 = 14 daa – 22 daa; C3 = 22 daa – 36 daa e C4 = 36 daa – 61 daa.

Tabela 6 - Relação P-mic: P-Mehlich em Latossolo Vermelho distroférico ao longo de 61 dias após a adubação com doses de dejetos suíno. Safra 2007/2008.

Tratamentos	P-mic:P-Mehlich						Média
	0 ¹	5	14	22	36	61	
T1 (0 kg P ha ⁻¹)	5,64	1,18	2,33	1,97	3,37	1,91	2,73
T2 (45,25 kg P ha ⁻¹)	4,35	3,15	2,13	1,67	1,18	2,83	2,55
T3 (90,5 kg P ha ⁻¹)	1,99	1,17	1,17	1,55	1,86	5,64	2,23
T4 (181 kg P ha ⁻¹)	2,81	0,23	0,62	1,82	1,02	3,11	1,60
T5 (362 kg P ha ⁻¹)	0,52	0,19	0,12	0,34	0,17	2,52	0,64
T6 (70 kg P ha ⁻¹)	1,65	0,52	1,43	0,73	0,84	2,22	1,23
T7 (22,6 kg P ha ⁻¹)	1,53	0,92	0,52	0,79	2,13	1,07	1,16
Média	2,64	1,05	1,19	1,27	1,51	2,76	

¹ Dias após a aplicação de DS (daa).

Tratamentos: T1= 0 m³ ha⁻¹ de DS; T2= 25 m³ ha⁻¹ de DS; T3= 50 m³ ha⁻¹ de DS; T4= 100 m³ ha⁻¹ de DS; T5= 200 m³ ha⁻¹ de DS; T6= Adubação Solúvel; T7= Adubação Solúvel + 25 m³ ha⁻¹ de DS.

P-mic:P-RTA (5 a 61 daa), provocando, em alguns momentos, sua redução, porém retornando a valores próximos dos iniciais 61 dias após sua aplicação (Tabelas 2 e 4). Quando se analisa a relação entre as formas de P-mic e P extraíveis no solo, verificou-se que, em geral, houve a tendência a um incremento na quantidade de P presente na biomassa microbiana ao longo do tempo, como se pode verificar analisando a variação no intervalo de 5 a 61 daa, onde os índices médios variaram de 0,43 a 3,61 para P-mic:P-RTA e de 1,05 a 2,76 para P-mic:P-Mehlich (Tabelas 4 e 6). Isso pode indicar que, ao longo do tempo de amostragem, o P adicionado via dejetos foi sendo incorporado pela biomassa microbiana reduzindo os teores de P extraível por RTA e Mehlich 1. Quando comparado o teor antes da aplicação com 61 daa, verificou-se que no compartimento de P-Mehlich, os índices são semelhantes (2,64 e 2,76, respectivamente). Isto pode sugerir uma estabilidade do sistema e até mesmo refletir o efeito dos anos antecedentes ao estudo, uma vez que a área está recebendo as mesmas doses de dejetos desde o ano de 2001. O mesmo não pode ser verificado para o P-RTA, onde os índices médios foram de 1,20 antes da aplicação e 3,61 aos 61 daa, sendo assim necessário aumentar o tempo de amostragem em estudos futuros para a obtenção de dados ao longo dos anos. Verificou-

se que, à medida que se aumentou a dose de dejetos suíno de 50 para 100 m³ ha⁻¹ (T3 e T4), a relação diminuiu para o P-mic:P-RTA e para P-mic:P-Mehlich, de 1,26 para 0,37 e de 2,23 para 0,64, respectivamente. Provavelmente esta redução ocorreu pelo fato de que à medida que se aumentou a dose de dejetos, a biomassa microbiana pode sofrer limitações de crescimento devido a fatores ambientais restritivos, o que não ocorre com o P extraível, onde não há limitação. Este fato pode refletir a importância do P-mic como compartimento de P no solo em médio prazo, principalmente nas menores doses, onde a relação é maior.

CONCLUSÕES

A adição de 50, 100 e 200 m³ ha⁻¹ de dejetos líquidos de suíno promoveu o incremento da biomassa microbiana ao longo do tempo de amostragem, sugerindo que o P-mic pode atuar como um compartimento importante de P no solo para a absorção pela cultura de milho.

A adição de fertilizantes solúveis e orgânicos aumentou os teores de fósforo extraíveis por resina trocadora de ânions e por Mehlich 1, apresentando os maiores teores para a dose de 200 m³ ha⁻¹ logo após a aplicação de dejetos.

Os teores de P-RTA e P-Mehlich decresceram ao longo do tempo de amostragem devido provavelmente ao aumento da absorção de P pela cultura, da adsorção de P pelos colóides do solo e ao aumento do P-mic.

AGRADECIMENTOS

À UDESC, a CAPES e ao Sr. Celso Retore, os nossos agradecimentos pela oportunidade e apoio para a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BROOKES, P. C. et al. Measurement of soil microbial biomass phosphorus. **Soil Biology & Biochemistry**, Elmsford, v.14, p.319-329, 1982.
- CERETTA, C. A. et al. Produtividade de grãos de milho, produção de matéria seca e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio na rotação aveia preta/milho/nabo forrageiro com aplicação de dejetos líquidos de suíno. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, p.1287-1295, 2005.
- CERETTA, C. A. et al. Dejetos líquidos de suínos: I – perdas de nitrogênio e fósforo na solução escoada na superfície do solo, sob plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, p.1296-1304, 2005.
- COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - CQFRS/SC. Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 10. ed. Porto Alegre: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 2004. 400p.
- GATIBONI, L. C. Disponibilidade de formas de fósforo do solo às plantas. **Tese de Doutorado**. Santa Maria. 2003.
- INSTRUÇÃO NORMATIVA N°11 (IN-11). Suinocultura. **Fatma**. Disponível: <http://www.fatma.sc.gov.br/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=32&Itemid=83>. Acesso em: 09/06/2011.
- KWABIAH, A. B. et al. Soil P availability as affected by the chemical composition of plant materials: implications for P-limiting agriculture in tropical Africa. **Agriculture, Ecosystems and Environment**. Amsterdam, v.100, p.53-61, 2003.
- LITTEL, R. C. et al. 2006. SAS® for Mixed Models 2. Ed. **SAS Institute Inc.**: Cary, NC, USA. 834p.
- LUKITO, H. P. et al. Phosphorus requirements of microbial biomass in a regosol and na andosol. **Soil Biology Biochemistry**, Elmsford, v.30, p.865-872, 1998.
- MARTINAZZO, R. et al. Fósforo microbiano do solo sob sistema plantio direto em resposta à adição de fosfato solúvel. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.31, p.563-570, 2007.
- MATOS, E. da S. et al. Formas de fósforo no solo em sistemas de milho exclusivo e consorciado com feijão sob adubação orgânica e mineral. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.30, p.625-632, 2006.
- MATOS, M. A. de. Atributos químicos e microbiológicos do solo após aplicações de resíduos de suínos em sistema de plantio direto. 2006. 91f. **Dissertação** – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PR, 2006.
- NZIGUHEBA, G. et al. Soil phosphorus fractions and adsorption as affected by organic and inorganic sources. **Plant and Soil**, Netherlands, v.198, p.159-168, 1998.
- OLSEN, S R.; SOMMERS, L. E. Phosphorus. In: **Methods of Soil Analysis**. Part 2: Chemical and Microbiological Properties. Wisconsin: American Society of Agronomy, 1982. p.403-427.
- PAUL, E. A.; CLARK, F. E. **Soil microbiology and biochemistry**, San Diego: Academic, 1996. 340p.
- RHEINHEIMER, D. S. et al. Fósforo da biomassa microbiana em solos sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.24, p.589-597, 2000.
- SAS Institute Inc® 2003 **SAS Ver. 9.1.3** SAS Institute Inc.: Cary, NC, USA.
- TEDESCO, M. J. et al. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. 2.ed. rev. e ampl. Porto Alegre: Departamento de Solos/ UFRGS, 1995.
- ZAMUNER, E. C. et al. Organic and inorganic phosphorus in mollisol soil under different tillage

practices. **Soil & Tillage Research**. Amsterdam,
v.99, p.131-138, 2008.