



Liberação de fósforo de resíduos de plantas e animais em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto de longa duração⁽¹⁾

Joice Mari Assmann⁽²⁾; Ibanor Anghinoni⁽³⁾; Amanda Posselt Martins⁽⁴⁾; Diego Cecagno⁽⁵⁾; Filipe Selau Carlos⁽⁴⁾; Álvaro Araujo Costa⁽⁵⁾

⁽¹⁾ Trabalho de tese executado com recursos do CNPq.

⁽²⁾ Difusão de Tecnologia do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR); Rodovia BR 158, 5517, SR Bairro Bom Retiro - Cx. Postal: 510 – CEP: 85501-970, Pato Branco – PR – Brasil. E-mail: joiceassmann@iapar.br. ⁽³⁾ Professor Titular do Departamento de Solos, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS); ⁽⁴⁾ Mestrando(a) do Programa de Pós Graduação (PPG) em Ciência do Solo, UFRGS. ⁽⁵⁾ Graduando em Agronomia – UFRGS.

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes intensidades de pastejo nas taxas de liberação de fósforo (P) dos resíduos de pastagem, esterco e soja em um sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto. O experimento foi iniciado em 2001. Os tratamentos constam de alturas de manejo do pasto (aveia-preta+azevém): 10, 20, 30 e 40 cm, com bovinos de corte, e de áreas sem pastejo (SP) como referência, seguido do cultivo de soja, em delineamento de blocos ao acaso com três repetições. A taxa de decomposição e a liberação de P foram determinadas por meio de alocação de sacos de decomposição (*litter bags*), contendo resíduos da pastagem e esterco distribuídos na área experimental no dia da semeadura da soja e os resíduos de soja (folha e caule) distribuídos no dia da semeadura da pastagem. Os sacos de decomposição foram coletados ao longo dos ciclos para determinação de matéria seca remanescente e dos teores de P. A taxa de liberação de P (meia vida) foi menor nas intensidades de pastejo intermediárias (20 e 30 cm), tanto nos resíduos da pastagem e esterco. Nos resíduos da soja não houve diferença entre as intensidades de pastejo na meia vida do P, porém, as folhas de soja apresentaram uma menor meia vida em relação aos caules.

Termos de indexação: ciclagem de nutrientes, esterco, pastagem.

INTRODUÇÃO

Em sistemas de integração lavoura-pecuária (ILP) o animal inserido no sistema participa de forma direta pelo retorno de urina e esterco ao sistema e indireta na ciclagem de nutrientes pelas modificações morfofisiológicas impostas pelo pastejo às gramíneas, influenciando em uma maior ou menor velocidade de mineralização (Semmartin & Ghersa, 2006), o que resulta na diminuição das relações colmo/folha e carbono/nitrogênio (C/N) da gramínea pastejada (Lang et al., 2004). Essas

mudanças na composição pastagem podem provocar alterações na taxa de decomposição dos resíduos culturais, uma vez que esse processo é controlado por diversos atributos intrínsecos aos resíduos como, por exemplo, as concentrações de nitrogênio, lignina e polifenóis e as relações C/N, lignina/N e lignina + polifenóis/N (Trinsoutrot et al., 2000).

Necessita-se, portanto, entender os efeitos de manejo de pastagens na ciclagem de nutrientes para conceber sistemas produtivos e sustentáveis, como a ILP. No entanto, esse conhecimento é ainda limitado nos diferentes arranjos de produção integrada no ambiente tropical e subtropical brasileiro.

O objetivo deste trabalho foi de determinar a influência de diferentes intensidades de pastejo na liberação de fósforo dos resíduos da pastagem, esterco e soja em um sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto de longa duração.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho vem sendo conduzido desde maio de 2001, em área localizada na Fazenda do Espinilho, na região fisiográfica do Planalto Médio - RS. O solo é classificado como Latossolo Vermelho distroférico. Este experimento faz parte de um projeto de parceria entre os Departamentos de Solos e de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul e a Cabanha Cerro Corado.

O pastejo iniciou em outono de 2000, sendo semeada uma mistura de aveia (*Avena strigosa* Schreb) + azevém (*Lolium multiflorum* L.) e posteriormente implantada a cultura da soja (*Glycine max*). O experimento iniciou em outono de 2001, após a colheita da soja, com estabelecimento da pastagem de aveia preta+azevém. O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, com três repetições, e os tratamentos constam de diferentes alturas de manejo do pasto 10, 20, 30 e 40 cm e um tratamento sem pastejo (SP). As alturas

de manejo do pasto são obtidas variando-se a carga animal de acordo as alturas pretendidas.

Nos anos de 2009 a 2011 foram coletados em dois ciclos de pastejo/soja amostras de esterco bovino e, ao final do pastejo, a matéria seca residual (MSR) da pastagem e ao final do ciclo da soja. A MSR foi obtida após a saída dos animais pelo corte da parte aérea, rente ao solo, em cinco áreas representativas de 0,25 m² por parcela. Após secagem a 50°C até peso constante, determinado o peso da MS. A produção total de MS de esterco em cada tratamento foi analisada em duas épocas, final de agosto e de outubro de cada ano, onde se coletou aleatoriamente dez placas de esterco, defecado no dia por parcela e determinado o peso seco de cada placa. Após, obter o peso médio de MS de cada placa, e, utilizando dados de produção total de fezes por tratamento obtido por Silva (2012), calculou-se a produção total de MS de esterco por tratamento. Para a cultura da soja, foram coletadas, nos anos de 2010 e 2011, folhas e plantas (caules e vagens remanescentes) em pleno florescimento em dez locais de um metro linear por parcela e secas em estufa 50°C e determinado MS. Na época da colheita foram coletados novamente em 10 locais aleatoriamente de um metro linear para determinar a produção de caule e vagens remanescentes.

Os materiais de pastagem, esterco, folha e plantas de soja, foram alocados em sacos de tela de nylon com malha de 2 mm (litter *bags*), 20 g de cada amostra por litter. Os sacos de tela contendo resíduos da pastagem e do esterco foram distribuídos na área do experimento no dia da semeadura da soja nas duas safras (17/12/2009 e 27/11/2010) e sacos de decomposição contendo folhas e caules de soja foram distribuídos de forma separada na área do experimento no dia da semeadura da pastagem (30/04/2010 e 19/04/2011). Os sacos de decomposição da pastagem e do esterco foram coletados (média dos dois ciclos) aos 16, 31, 50, 63, 96, 126, 162, 193, 219 e 253 dias, os das folhas e caules de soja aos 23, 37, 53, 73, 105, 134, 162, 190, 222 e 258 dias após a alocação na área.

Após cada amostragem, os mesmos foram secos, pesados e retirado o solo aderido, para posterior determinação da quantidade de MS remanescente. Para determinar o P remanescente nos resíduos, o material foi moído em moinho de faca tipo Willey (<40 mesh) e determinado os teores de P.

As taxas de decomposição da MS e de liberação de P dos resíduos foram estimadas ajustando-se modelos de regressão não lineares aos valores observados, segundo Wieder & Lang (1982).

A escolha do tipo de modelo de cada tratamento foi feita com base nos valores dos coeficientes de determinação (R²). A partir dos valores da constante de liberação do K de cada compartimento, calculou-se o tempo de meia vida (t^{1/2}). Para este cálculo utilizou-se a fórmula de Paul & Clark (1996).

Os resultados referentes às variáveis do modelo ajustado (compartimento A, taxas de liberação de P e t^{1/2}) foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Tukey, ambos a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A mineralização de fósforo dos resíduos não apresentou diferença estatística (p>0,05) entre os dois anos de avaliação e por isto são apresentados em conjunto (dados médios). A cinética de liberação desse nutriente dos resíduos do pasto e do esterco bovino diferiu (p<0,05) entre os tratamentos de manejo do pasto (**Tabela 1**) e o modelo que mais se ajustou aos dados de ambos os resíduos foi o modelo exponencial duplo.

O modelo utilizado determina as frações, do material, presentes nos compartimentos facilmente decomponível e recalcitrante. No caso (**Tabela 1**), a fração recalcitrante domina (66 a 69 %) em relação à fração lábil. Esta fração (lábil), por sua vez, foi maior nos pastejos moderados (alturas de manejo de 20 e 30 cm) e também resultou em maior taxa liberação de fósforo tanto da fração lábil como na recalcitrante, em relação aos demais tratamentos de manejo. Da mesma forma, a taxa de liberação desse nutriente do esterco foi maior nos pastejos moderados em relação aos demais (altura de pastejo 10 e 40 cm e sem pastejo). Semmartin et al. (2008) também observaram maior liberação de fósforo de gramíneas (*Lolium multiflorum* e *Paspalum dilatatum*) sob pastejo em relação às áreas sem pastejo.

Já os tratamentos em que os resíduos da pastagem foram pastejados intensamente (10 cm) e de forma leve (40 cm) e não pastejados (SP) resultaram em uma maior meia vida tanto na forma mais prontamente decomponível, de em média 25 dias, quanto na recalcitrante de em media de 481 dias. Mudanças na comunidade microbiana do solo influenciadas pelo longo tempo de pastejo possivelmente seja um das diferenças observadas na taxa de liberação dos nutrientes entre áreas pastejadas e não pastejadas (Semmartin et al. 2008), além dos efeitos na modificação da estrutura da pastagem (lignina).

A diferença no tempo a meia vida na liberação de fósforo do pasto (**Tabela 1**), de 14 para 25 dias, do compartimento lábil e, de 408 para 481 dias, do compartimento recalcitrante entre os tratamentos com intensidades de pastejo moderados (20 e 30

cm) em relação às intensidades alta (10 cm), leve (40 cm) e sem pastejo, representa uma liberação média de 56% do P lábil e de, somente 15% do P recalcitrante. A liberação mais rápida desse nutriente nas intensidades moderadas de pastejo deve estar ligada ao menor teor de lignina de 9,3%, em relação aos demais tratamentos de manejo do pasto, que apresentaram teores médios de 11,7%.

Mesmo havendo liberação mais rápida de fósforo nos pastejos moderados, 61% do seu conteúdo inicial ainda permaneciam nos tecidos do pasto aos 31 dias após a sua deposição sobre o solo. Esses resultados são similares aos observados por Giacomini et al. (2003), que encontraram 70% do conteúdo inicial de fósforo aos 29 dias da deposição de resíduos de aveia no solo.

A maior parte do P do tecido vegetal encontra-se no vacúolo da célula, na forma mineral, bastante solúvel em água, e, para que ele seja liberado dos resíduos culturais o vacúolo deve ser rompido pela por fatores abióticos (chuva) e o P solúvel em água (P_{sa}), constituído principalmente por P inorgânico (P_i) e monoésteres, seja liberado, restando nos resíduos as formas de P não solúvel em água (maioria diésteres: ácidos nucleicos, fosfolipídios, fosfoproteínas), dependentes da população microbiana do solo para a sua mineralização (Giacomini et al, 2003).

O pastejo moderado também resultou em liberação mais rápida de fósforo do esterco (**Tabela 1**), uma meia vida em ambas as frações: de 5-6 dias na fração lábil e de 185-187 dias na recalcitrante. Nos tratamentos pastejados intensamente (10 cm) e levemente (40 cm), o período de meia vida foi em torno de 10 dias do material mais prontamente decomponível e de 313 dias, no material recalcitrante, representado 1,7 vezes mais tempo para decompor a mesma quantidade de P. Também, para o esterco, a liberação de fósforo se relacionou com os teores de lignina, que foram menores (18,2%), no pastejo moderado e maiores (23,8%) nos pastejos intenso e leve.

Não foram identificadas diferenças ($p > 0,05$) entre as intensidades de pastejo no tempo de meia vida de P dos resíduos de folhas e de caules de soja (**Tabela 1**). O compartimento lábil dos resíduos das folhas possui um período de meia vida pequeno (em torno de 15 dias), e um tempo de meia vida da fração recalcitrante alta (em torno de 119 dias), enquanto os caules apresentam uma meia vida de 58 dias, porém o mesmo é decomposto somente um compartimento por vez. Tais diferenças podem ser atribuídas aos respectivos teores de lignina, sendo 11% nos caules e 8% nas folhas.

CONCLUSÕES

Em sistemas de integração lavoura-pecuária há influência do pastejo sobre os processos de decomposição dos resíduos de pastagem e esterco, influenciados principalmente pela qualidade dos resíduos, e, intensidades de pastejo moderadas (20 e 30 cm) aceleram a dinâmica de liberação do fósforo.

A taxa de liberação (meia vida) do fósforo dos resíduos de soja não foi influenciada pelo manejo da pastagem, com liberação mais rápida das folhas de soja do que nos caules.

REFERÊNCIAS

- GIACOMINI, S. J.; AITA, C.; VENDRUSCOLO, E. R. O.; CUBILLA, M.; NICOLOSO, R. S.; FRIES, M. R. Matéria seca, relação C/N e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio em misturas de plantas de cobertura de solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 27:325-334, 2003.
- LANG C. R.; PELISSARI, A.; MORAES, A. de; SULC, R. M.; OLIVEIRA, E. B. de; CARVALHO, P. C. F. Fitomassa aérea residual da pastagem de inverno no sistema integração lavoura-pecuária. *Scientia Agraria*, 5:43-48, 2004.
- PAUL, E. A. & CLARK, F. E. Dynamics of residue decomposition and soil organic matter turnover. In: *Soil Microbiology And Biochemistry*. 2nd ed. San Diego: Academic, 1996. p. 158-179.
- SEMMARTIN M., GARIBALDI L.A. & CHANETON E.J. Grazing history effects on above- and below-ground litter decomposition and nutrient cycling in two co-occurring grasses. *Plant and Soil* 303:177-189, 2008.
- SEMMARTIN, M.; GHERSA, C. M. Intraspecific changes in plant morphology, associated with grazing, and effects on litter quality, carbon and nutrient dynamics during decomposition. *Austral. Ecology*, 31:99-105, 2006.
- SILVA, F. D. da., Distribuição espacial e temporal de placas de esterco e produtividade da soja em sistema de integração soja-bovinos de corte. Dissertação de mestrado – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia-UFRGS, Porto Alegre-RS, 2012. 100p.
- TRINSOUTROT, I.; RECOUS, S.; BENTZ, B.; LINÈRES, M.; CHÈNEBY, D. & NICOLARDOT, B. Biochemical quality of crop residues and carbon and nitrogen mineralization kinetics under nonlimiting nitrogen conditions. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 64:918-926, 2000.
- WIEDER, R. K. & LANG, G. E. A. A Critique of the analytical methods used in examining decomposition data obtained from litter bags. *Ecology* 63, 1636-1642, 1982.

Tabela 1. Parâmetros do modelo exponencial simples e duplo ajustados aos valores medidos da taxa de liberação de fósforo da biomassa da pastagem (aveia+azevém), esterco, planta e folha de soja e as constantes de decomposição (k_a e k_b) tempo de meia vida ($t^{1/2}$) e valores de R^2 , em um Latossolo Vermelho em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto submetido a intensidades de pastejo

Alturas de pastejo	Comp. A	Ka	Kb	$T^{1/2}$		R^2
				A	(100-A)	
cm	%	.....Dias ⁻¹.....		.....Dias.....		
Pastagem						
10	31 b	0,029194 b	0,001436 b	24	483	0,98
20	44 a	0,050222 a	0,001739 a	14	399	0,97
30	44 a	0,050802 a	0,001664 a	14	417	0,97
40	32 b	0,026916 b	0,001452 b	26	477	0,98
SP	32 b	0,027288 b	0,001435 b	25	483	0,98
Esterco bovino						
10	33 a	0,073035 b	0,002179 b	9	318	0,99
20	32 a	0,145653 a	0,003742 a	5	185	0,98
30	32 a	0,117946 a	0,003700 a	6	187	0,99
40	37 a	0,060944 b	0,002253 b	11	308	0,99
Caule soja						
10	61 a	0,012181 a	.....	57	.....	0,95
20	61 a	0,012195 a	.....	57	.....	0,95
30	61 a	0,011687 a	.....	59	.....	0,95
40	61 a	0,012041 a	.....	58	.....	0,95
SP	61 a	0,011818 a	.....	59	.....	0,95
Folha soja						
10	24 a	0,058064 a	0,005799 a	12	120	0,99
20	23 a	0,046252 a	0,005864 a	15	118	0,99
30	22 a	0,047754 a	0,005810 a	15	119	0,99
40	23 a	0,045931 a	0,005859 a	15	118	0,99
SP	23 a	0,045320 a	0,005853 a	15	118	0,99

Valores seguidos de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). SP = Sem pastejo