

DECOMPOSIÇÃO E LIBERAÇÃO DE POTÁSSIO DA BIOMASSA RESIDUAL DE CULTURAS DE VERÃO EM SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA EM TERRAS BAIXAS

Leonardo Rodrigues Nunes¹; José Bernardo Moraes Borin²; Amanda Posselt Martins³; Walker da Silva Schaidhauer⁴; Thaís Oliveira Deon⁴; Thaiane Jeske⁴; Sarah Hanauer Lochmann⁴; Ibanor Anghinoni⁵; Felipe de Campos Carmona⁶

Palavras-chave: arroz; integração lavoura-pecuária; plantio direto; ciclagem de nutrientes; rotação de culturas.

INTRODUÇÃO

O Rio Grande do Sul é o maior produtor de arroz da América Latina, com cultivo anual de aproximadamente 1,1 milhões de ha. O sistema de cultivo dominante das lavouras orizícolas é o monocultivo, conhecido também como arroz-pousio-arroz (sistema tradicional). Em grande parte das lavouras é adotado o cultivo mínimo antecipado, que consiste em uma semeadura em solo seco com revolvimento após colheita. E, nas propriedades de médio e grande porte é realizado o pousio, com pastejo extensivo, caracterizado por baixa eficiência do uso da terra. Estes sistemas não apresentam práticas de manejo do solo sustentáveis em longo prazo. Neste contexto, práticas conservacionistas estão sendo vislumbradas para as terras baixas, como, por exemplo, o plantio direto e os sistemas integrados de produção agropecuária (SIPA) que já se mostram mais assertivos no Planalto do Estado (Carvalho et al., 2010).

Os SIPA devem ser planejados e construídos pela escolha dos componentes em seus arranjos no tempo e no espaço, objetivando sinergismos nos resultados produtivos, sociais e ambientais (Carvalho et al., 2010). Nessa condição, a oferta de nutrientes é constante, uma vez que existem diferentes fontes em decomposição (resíduos de plantas e dejetos animais), sendo os nutrientes liberados de forma diferente entre as fontes. Os SIPA proporcionam a reciclagem de nutrientes pelos resíduos culturais e a excreta animal, transferindo-os dentro do ciclo da pastagem e de uma cultura para outra, podendo reduzir as quantidades de fertilizantes e melhorando a qualidade do solo (Soussana & Lemaire, 2014). Em sistema de integração soja-bovinos de corte, o saldo dos nutrientes é determinado pelo rendimento dos grãos da soja, já que exporta quantidades superiores em comparação à pecuária (Martins et al., 2014). Nos sistemas de produção sem pousio entre uma cultura e outra (sistema colhe-planta), o K absorvido, permanece a maior parte do tempo no tecido vegetal, protegido da perda por erosão e lixiviação. Embora a quantidade desse nutriente absorvida seja grande, a quantidade removida pelos grãos é pequena ($\pm 20\%$) e o restante retorna ao solo.

Os sistemas de produção de alimentos com alta diversificação dos componentes e o mínimo revolvimento do solo aumentam os benefícios para o sistema e a ciclagem de nutrientes é apresentada como o processo fundamental para caracterizar os SIPA (Anghinoni et al., 2013). Assim, o objetivo deste estudo é avaliar a decomposição dos resíduos vegetais dos cultivos de verão e a consequente liberação do potássio da biomassa da parte aérea para a pastagem em sucessão, em terras baixas.

¹ Graduando em agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Avenida Bento Gonçalves, 7712, rmuneseleonardo@gmail.com.

² Aluno de doutorado no programa de pós-graduação em Ciência do Solo, UFRGS.

³ Pós-doutoranda no programa de pós-graduação em Ciência do Solo, UFRGS.

⁴ Graduando em agronomia, UFRGS.

⁵ Docente convidado do Departamento de Solos, UFRGS.

⁶ Pós-doutorando no programa de pós-graduação em Zootecnia, UFRGS.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento vem sendo conduzido desde 2013 em área pertencente à Fazenda Corticeiras. A área experimental possui 18 ha, sendo o solo classificado como Planossolo Háplico Eutrófico (Embrapa, 2006). Foram testados 4 tratamentos, distribuídos em delineamento experimental de blocos ao acaso com 3 repetições. Os tratamentos foram denominados: Testemunha Padrão (S1): monocultivo de arroz com pousio no inverno; SIPA arroz (S2): arroz/azevém; SIPA arroz/soja (S3): soja/azevém/arroz/azevém; SIPA rotação (S4): capim Sudão/azevém+trevo branco/soja. Todos os sistemas, exceto S1, foram pastejados no inverno com gado de corte. No protocolo, com exceção do S1, os demais são todos conduzidos sobre sistema de plantio direto.

As amostragens de material vegetal e solo foram efetuados no final do ciclo das culturas de verão para a parte aérea do arroz (S1, S2 e S3) e para a haste+vagem da soja (S4). Para a folha da soja (S4), a amostragem foi realizada no período de senescência antes da queda das mesmas. O resíduo seco foi colocado em sacos de decomposição (Litter Bags), com tela de 500 µm medindo 20 x 15 cm. Foram confeccionados 10 sacos por parcela com 20 g do respectivo resíduo e alocados no campo no cultivo sucessivo de cada sistema. Esses foram coletados progressivamente: semanalmente, quinzenalmente e mensalmente.

Posteriormente a cada coleta de campo, os sacos de decomposição foram secos em estufas a 65°C até massa constante, abertos e efetuou-se a retirada do solo aderido ao tecido. O tecido remanescente foi moído em moinho de facas para a determinação da quantidade do material remanescente, sem impurezas (Christensen, 1985) e do teor de nutrientes. O tecido foi submetido à digestão sulfúrica para avaliação dos teores totais de K⁺, determinados por fotometria de chama (Tedesco et al., 1995).

As taxas de decomposição da matéria seca dos resíduos culturais foram relativizadas, onde o resíduo inicial foi considerado como referência. Assim, as taxas foram estimadas ajustando-se modelos de regressão não lineares aos valores observados conforme proposto por Wieder & Lang (1982), selecionado conforme o R² (por expressar a melhor relação das variáveis), entre as seguintes equações: $MSR e LN = A - kat + (100-A) MSR e LN = A - kat + (100-A) - kbt$. Onde MSR é a matéria seca residual e LN liberação de nutrientes. Em um determinado período de tempo em dias (t); com taxas constantes de decomposição k_a e k_b no compartimento lábil (A) e no recalcitrante (100-A), respectivamente.

Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e quando significativa (p<0,05), as médias foram comparadas pelo teste de Tukey (p<0,05). Os modelos estatísticos a seguir foram utilizados para a ANOVA.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As culturas de verão da safra 2014/2015 avaliadas foram o arroz (parte aérea) e a soja (folhas e haste+vagem). O resíduo vegetal da parte aérea do arroz foi de 10,01, 9,92 e 9,94 Mg ha⁻¹ nos sistemas S1, S2 e S3, respectivamente, apresentando processo de decomposição semelhantes, sendo melhor representado pelo modelo assintótico. Este considera que apenas a MS do compartimento lábil foi transformada no período avaliado, diminuindo a uma taxa constante. O resíduo da soja no sistema S4, haste+vagem e folha foram de 1,69 e 1,22 Mg ha⁻¹ respectivamente, e, apresentaram cinética do processo de decomposição diferenciada, sendo mais rápida no começo, seguida de uma mais lenta. O tempo de meia vida do compartimento A da parte aérea do arroz foi de seis a 24 vezes superior ao da soja (Tabela 1), devido principalmente a maior relação C/N e quantidade de resíduo. Embora a folha da soja apresente um alto índice lignocelulósico (LCI), o N não é limitante, pois a fração lábil é rapidamente decomposta e o C imobilizado temporariamente pelos microrganismos. Devido a isso, as fabáceas apresentam alta eficiência de uso do carbono pelos microrganismos (Soong et al., 2015), incorporando-o à matéria orgânica do solo (MOS). Já o arroz por apresentar alta relação C/N da parte aérea, necessita maior quantidade de N para decompor o resíduo (Said-Pullicino et al., 2014).

Tabela 1. Parâmetros dos modelos ajustados (simples e duplo) aos valores medidos de matéria seca remanescente, constantes de decomposição (k_a e k_b) e tempo de meia vida ($t_{1/2}$) de cada compartimento e valores de R^2 em cada sistema em Planossolo Háplico em sistemas integrados de produção agropecuária (SIPA) em terras baixas

Sistema	Cultivo	Biomassa	Matéria seca remanescente (MSR) ⁽¹⁾					
			Comp. A	k_a	k_b	$t_{1/2}$ ⁽²⁾		R^2
						A	100-A	
			---- % ----	----- dia ⁻¹ -----	----- dias -----			
1	Arroz	PA ⁽³⁾	99,1 a ⁽⁵⁾	0,003 c		220 a		0,93
2	Arroz	PA	99,5 a	0,004 c		156 b		0,99
3	Arroz	PA	98,1 a	0,005 c		146 b		0,99
4	Soja	H+V ⁽⁴⁾	29,6 c	0,075 a	0,003	9 c	217	0,99
4	Soja	Folha	65,0 b	0,032 b	0,001	22 c	495	0,96

¹ MSR = A e^(-k_at) + (100-A) no sistema 4; MSR = A e^(-k_at) + (100-A) e^(-k_bt) nos sistemas 1 e 2; ² $t_{1/2}$ = 0,693/k(a,b); ³ PA= parte aérea; ⁴ H+V = haste e vagem; ⁵ Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si (Tukey, p<0,05).

A decomposição da palha de arroz foi ainda mais rápida nos sistemas que não apresentaram o revolvimento do solo e que havia a presença do animal pastejando (S2 e S3). Aos 111 dias do início da decomposição, os Sistemas 2 e 3 apresentavam 58 e 56 % da MSR enquanto que o sistema com revolvimento (S1) ainda apresentava 78 % (Tabela 1). Isso ocorreu, porque nos sistemas sem revolvimento do solo e com pastagem, incluindo a presença do animal, apresentam maior atividade enzimática (Martins et al., 2017), que auxiliaram na decomposição do resíduo. No entanto, na última coleta aos 206 dias, a MSR equivaliu-se em todos os sistemas com arroz, com valor médio de 40%. Estes valores similares foram obtidos devido ao aumento da temperatura após o período de inverno. Embora 60 % da palha do arroz já tivesse sido decomposta, ainda permanecia em torno de 4 Mg ha⁻¹ do material recalcitrante após 206 dias. Em sistemas de semeadura direta, a palha que permanece na superfície auxilia na proteção do solo contra a erosão e do impacto da chuva. Porém, quando essa palha não for bem distribuída, pode apresentar prejuízos pela dificuldade do estabelecimento da pastagem sucessiva e menor período do pastejo animal.

Com relação a soja, apesar da taxa de decomposição da fração lábil ter sido superior na haste+vagem do que a folha, a proporção do compartimento lábil foi menor. Assim, suas folhas apresentaram maior fração lábil (Tabela 1) e menor relação C/N, conferindo uma maior decomposição do resíduo em menor tempo. Já a fração recalcitrante da folha da soja apresentou um tempo de meia vida mais de 2 vezes superior a da haste+vagem (Tabela 1), devido ao maior índice lignocelulósico da folha, diminuindo a velocidade de decomposição desse compartimento. No entanto, a folha da soja senesce e cai em torno de 30 dias antes da colheita, e com um tempo de meia vida do compartimento lábil de somente 22 dias, torna os nutrientes liberados mais suscetíveis a perdas. Isto ressalta a importância do sistema planta-colhe, diminuindo o período entre o cultivo e a pastagem sucessiva.

A liberação de potássio, independentemente do cultivo e da parte da planta, foi muito rápida. Já na primeira semana da deposição do resíduo, o potássio foi liberado em mais de 90 % do acumulado no resíduo (Tabela 2). Isso torna ainda mais agravado na cultura do arroz, o qual apresenta quantidades cinco vezes maiores de potássio que na soja (considerando a soma da folha, haste, vagem e pedicelo), se uma cultura sucessora não for rapidamente estabelecida. Este, por não fazer parte de composto orgânicos das plantas, depende das cargas da MOS para não ser perdido por lixiviação até o estabelecimento do cultivo sucessivo. Martins et al. (2014) verificaram balanço negativo do K, determinado pela exportação do nutriente pelos grãos e perdas no sistema, sem entretanto, afetar o rendimento da cultura, devido aos teores altos desse nutriente no solo e pela adubação.

Tabela 2. Parâmetros do modelo ajustado (exponencial simples) aos valores medidos da liberação de potássio, constantes da liberação (a, b), valores de R², significância da equação (p) e acúmulo do nutriente no resíduo, em cada sistema, em Planossolo Háplico, em sistemas integrados de produção agropecuária (SIPA) em terras baixas.

Sistema	Cultivo	Tecido vegetal	Liberação de potássio ⁽¹⁾				Acúmulo de K	
			a	B	R ²	p	kg ha ⁻¹	Desvio padrão
1	Arroz	PA	96,5281	0,4779	0,9929	<0,0001	188	31
2	Arroz	PA	96,5901	0,4359	0,9921	<0,0001	227	40
3	Arroz	PA	97,7898	0,4497	0,9928	<0,0001	210	31
4	Soja	Haste+Vagem	97,6046	0,3684	0,9917	<0,0001	21	4
4	Soja	Folha	97,2297	0,3586	0,99	<0,0001	10	3

$$^1 K(\%) = a \cdot (1 - b^x)$$

CONCLUSÃO

A decomposição da soja rápida devido a baixa relação C/N e a baixa quantidade de resíduo. Já a decomposição da palha do arroz é lenta, no entanto, nos sistemas integrados de produção agropecuária é mais efetiva, o que pode auxiliar o estabelecimento da pastagem hibernal.

Independentemente do tecido vegetal e da cultura, o potássio é liberado quase completamente na primeira semana após o início da decomposição. Pelas grandes quantidades de potássio, principalmente do resíduo do arroz, ressalta-se a maior importância do rápido estabelecimento da cultura sucessora, sistema colhe-planta.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANGHINONI, I. et al. Adução potássica em arroz irrigado conforme a capacidade de troca catiônica do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 48, n. 11, p. 1481-1488, 2013.
- CARVALHO, P. C. F. et al. Managing grazing animals to achieve nutrient cycling and soil improvement in no-till integrated systems. **Nutrient Cycling in Agroecosystem**, v. 88, p. 259-273, 2010.
- CHRISTENSEN, B. T. Wheat and barley straw decomposition under field conditions: effect of soil type and plant cover on weight loss, nitrogen and potassium content. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 17 p.691-697, 1985.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 2006. 306 p.
- MARTINS, A. P. et al. Short-term impacts on soil-quality assessment in alternative land uses of traditional paddy fields in Southern Brazil. **Land Degradation and Development**, v. 28, p. 534-542, 2017.
- MARTINS, A. P. et al. Soil acidification and basic cation use efficiency in an integrated no-till crop-livestock system under different grazing intensities. **Agriculture, Ecosystem and Environment**, v. 195, p. 18-28, 2014.
- SAID-PULLICINO, D.; CUCU, M. A.; SODANO, M. Nitrogen immobilization in paddy soils as affected by redox conditions and rice straw incorporation. **Geoderma**, v. 228-229, p. 44-53, 2014.
- SOONG, J. L. et al. A new conceptual model on the fate and controls of fresh and pyrolyzed plant litter decomposition. **Biogeochemistry**, v. 124, p 27-44, 2015.
- SOUSSANA, J. F.; LEMAIRE, G. Coupling carbon and nitrogen cycles for environmentally sustainable intensification of grasslands and crop-livestock systems. **Agriculture, Ecosystem and Environment**, v. 190, p. 9-17, 2014.
- TEDESCO, M. J. et al. Análise de solo, plantas e outros materiais. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS, 1995. 174 p.
- WIEDER, R. K.; LANG, G. E. A critique of the analytical methods used in examining decomposition data from litter bags. **Ecology**, v. 63, p. 1636-1642, 1982.