

DIVISÃO 3 - USO E MANEJO DO SOLO

Nota

DECOMPOSIÇÃO E LIBERAÇÃO DE MACRONUTRIENTES DA PALHADA DE MILHO E BRAQUIÁRIA, SOB INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA NO CERRADO BAIANO⁽¹⁾

Flávia Cristina dos Santos⁽²⁾, Manoel Ricardo de Albuquerque Filho⁽²⁾, Lourival Vilela⁽³⁾, Gilvan Barbosa Ferreira⁽⁴⁾, Maria da Conceição Santana Carvalho⁽⁵⁾ & João Herbert Moreira Viana⁽²⁾

RESUMO

O conhecimento da dinâmica de decomposição e liberação de nutrientes em sistemas de produção é de grande importância para o manejo da fertilidade do solo e para a economia de recursos. Dessa forma, foi conduzido um experimento em solo de Cerrado do oeste baiano com o objetivo de estudar a decomposição e liberação de macronutrientes da palhada de milho mais *Brachiaria ruziziensis*, sob sistema de integração lavoura-pecuária (ILP). As avaliações foram realizadas por meio de *litterbags* coletadas aos 0, 15, 40, 110, 170 e 220 dias após a dessecação da palhada, que ocorreu em outubro de 2008. A matéria seca total inicial foi de aproximadamente 6,6 Mg ha⁻¹, com meia-vida de 115 dias. A liberação de nutrientes desse volume de palhada, com o respectivo percentual em relação à quantidade total de nutrientes acumulada na planta, até o final das avaliações foi de 29,3 (62 %); 7,8 (80 %); 42,2 (94 %); 48,6 (74 %); 17,0 (81 %); e 7,7 (79 %) kg ha⁻¹ de N, P, K, Ca, Mg e S, respectivamente. Esses resultados auxiliam o manejo da adubação das culturas e se traduz em economia de recursos. Como exemplo e transformando-se as quantidades de nutrientes liberadas até os 110 dias, período de certa coincidência com o florescimento da cultura sucessora principal, pelos três principais macronutrientes (N, P e K) em quantidade de adubos, ter-se-ia uma economia de R\$ 243,00 ha⁻¹.

Termos de indexação: ciclagem de nutrientes, nutrição de plantas, resíduos culturais.

⁽¹⁾ Trabalho financiado pelo Fundeagro. Recebido para publicação em 6 de junho de 2013 e aprovado em 23 de julho de 2014.

⁽²⁾ Pesquisadora, Embrapa Milho e Sorgo. Rod. MG-424, km 45. Caixa Postal 285. CEP 35701-970 Sete Lagoas (MG). E-mail: flavia.santos@embrapa.br, manoel.ricardo@embrapa.br, joao.herbert@embrapa.br

⁽³⁾ Pesquisador, Embrapa Cerrados. Rod. BR-020, km 18. Caixa Postal 08223. CEP 73310-970 Planaltina (DF). E-mail: lourival.vilela@embrapa.br

⁽⁴⁾ Pesquisador, Embrapa Algodão. Rua Oswaldo Cruz, 1143. Caixa Postal 174. CEP 58428-095 Campina Grande (PB). E-mail: gilvan.ferreira@embrapa.br

⁽⁵⁾ Pesquisadora, Embrapa Arroz e Feijão. Rod. GO-462, km 12, Zona Rural. Caixa Postal 179. CEP 75375-000 Santo Antônio de Goiás (GO). E-mail: maria.carvalho@embrapa.br

SUMMARY: DECOMPOSITION AND MACRONUTRIENT RELEASE FROM MAIZE AND BRACHIARIA STRAW UNDER A CROP-LIVESTOCK SYSTEM IN THE CERRADO OF BAHIA

Knowledge of the dynamics of decomposition and nutrient release in production systems is of great importance for management of soil fertility and reducing waste of resources. In this regard, an experiment was conducted in Cerrado (Brazilian tropical savanna) soil from the western region of Bahia, Brazil, for the purpose of studying the decomposition and nutrient release from corn stover plus Brachiaria ruziziensis straw under an integrated crop-livestock system. The evaluations were performed using litterbags collected at 0, 15, 40, 110, 170, and 220 days after desiccation of the stover / straw, which occurred in October 2008. Initial total dry matter was around 6.6 Mg ha⁻¹, with a half-life of 115 days. Nutrient release from this volume of straw (with the percentage in relation to the total amount of nutrients accumulated in the plant) up to the end of evaluations was 29.3 (62 %), 7.8 (80 %), 42.2 (94 %), 48.6 (74 %), 17.0 (81 %), and 7.7 (79 %) kg ha⁻¹ of N, P, K, Ca, Mg, and S, respectively. These results assist management of crop fertilization and result in less waste of natural resources. As an example, transforming the amounts of the three main macronutrients (N, P, and K) released up to 110 days (a period of a certain coincidence with the flowering of the main successor crop) into amounts of fertilizer, there would be savings of R\$ 243.00 per hectare.

Index terms: nutrient cycling, plant nutrition, crop residues.

INTRODUÇÃO

O sistema de integração lavoura-pecuária (ILP) foi amplamente difundido nos últimos anos pelos benefícios que proporciona à atividade agropecuária, com possibilidade de ganhos econômicos e ambientais, entre outros. Nesse sistema, o consórcio milho e braquiária merece destaque por ser a combinação predominante na ILP, ocupando as maiores áreas de cultivo.

A utilização da consorciação ou a introdução de mais de uma cultura na área de produção estabelece nova dinâmica no que se refere à utilização de água, luz e nutrientes, e precisa ser considerada para obter bons resultados produtivos (Kluthcouski & Oliveira, 2012; Marcelo et al., 2012; Soratto et al., 2012). Nesse contexto, a ciclagem de nutrientes da palhada dessas culturas, por meio da decomposição e liberação de seus nutrientes, torna-se importante fator de estudo para auxiliar no manejo da adubação, de forma que essa contribuição possa ser considerada no cálculo da dose de fertilizante a ser aplicada (Carvalho, 2000; Amado et al., 2002; Santos et al., 2008), o que resulta em racionalização do uso de insumos com menor custo de produção para o produtor e menor risco de perdas e desequilíbrio ambiental. Essa necessidade foi destacada em trabalho de Amado et al. (2002), que trata da adaptação da recomendação de N para o milho, considerando a contribuição de culturas de cobertura do solo sob sistema plantio direto. Apesar disso, muitas vezes esse aporte de nutrientes da palhada não é considerado, o que subestima a eficiência do sistema ILP. Dessa forma, estudos que possam estimar a contribuição de nutrientes da palhada são de grande importância para a consolidação desse

sistema que já tem vários de seus benefícios estabelecidos.

A dinâmica de decomposição e liberação de nutrientes das plantas é governada, fundamentalmente, pelas condições climáticas, com destaque para a precipitação pluvial e temperatura. Além disso, há grande influência da qualidade de cada material, do tipo de solo, de sua fertilidade e manejo, entre outros (Rosolem et al., 2003; Moreira & Siqueira, 2006; Carvalho et al., 2009; Matos et al., 2011; Marcelo et al., 2012). Na região Sul, há grande volume de pesquisas desenvolvidas nessa linha (Ceretta et al., 1994; Bertol et al., 1998; Amado et al., 2002; Ceretta et al., 2002; Amado et al., 2003; Giacomini et al., 2003; Aita et al., 2004; Crusciol et al., 2005; Medrado et al., 2011); no entanto, na região de Cerrado, principal cenário agrícola atual do país, há carência de informações, principalmente no oeste da Bahia. Reforça a necessidade dessas pesquisas para essa região o fato de que nela há predomínio de solos arenosos e textura média, o que torna a dinâmica de resíduos e ciclagem de nutrientes de grande relevância para os fenômenos físico-químicos envolvendo a relação solo-planta.

Estudando a decomposição e a liberação de nutrientes acumulados em diferentes coberturas vegetais consorciadas com bananeira, Espíndola et al. (2006) observaram maior acúmulo de K nas gramíneas, sendo a decomposição dos resíduos e a liberação do K mais lentas na estação seca. O tempo de meia-vida ($t_{1/2}$) dos nutrientes contidos nas leguminosas foi de até 120 dias; no período das chuvas, esse tempo ($t_{1/2}$) caiu para 60 dias.

Já Boer et al. (2007), em pesquisa com as plantas de amaranto, milheto e capim-pé-de-galinha no

município de Rio Verde, Goiás, obtiveram maior velocidade de liberação de P e K aos 30 dias após a dessecação, com valores de 66,2; 32,9; e 37,3 %, para o P; e 88,6; 75,5; e 55,5 %, para o K, respectivamente. As maiores taxas de liberação de nutrientes apresentada pelo amaranto devem-se a sua menor relação C/N (21), em comparação com o milho e capim-pé-de galinha, que apresentaram comportamento semelhante, indicando que o amaranto pode ser boa planta cicladora, embora menos eficiente como planta de cobertura para a formação de palhada para o sistema plantio direto, por exemplo.

Em síntese, vários fatores interferem na decomposição e liberação de nutrientes de plantas de cobertura, com destaque para o tipo de material, bem como para as condições climáticas. Daí surge a importância de dados locais pela incerteza da extrapolação dos dados e da utilização da informação apurada em programas de fertilização de culturas.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a dinâmica de decomposição e liberação de nutrientes do consórcio milho e *Brachiaria ruziziensis* em solo de Cerrado do oeste da Bahia.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado na Fazenda Xanxerê, município de Correntina, BA, coordenadas 13° 48' 93" S e 46° 08' 87" W, no período de outubro de 2008 a maio de 2009, sob sistema de integração lavoura-pecuária (ILP), em Latossolo Amarelo distrófico típico com características descritas no quadro 1. A altitude local é de 930 m. O clima da região, segundo Köppen, é classificado como Aw, tropical com estação seca. A precipitação pluvial total durante o período do estudo foi de 1.445 mm, com temperatura média de 25,3 °C e umidade relativa do ar média de 66 % (Figura 1) (Estação Meteorológica OMM 83332). Foram calculados também os dados médios dessas variáveis climáticas da série histórica de 39 anos (1975 a 2013) para verificar a representatividade do ano em estudo (Estação Meteorológica OMM 83332).

Na área em estudo, foi cultivado milho em consórcio com a *Brachiaria ruziziensis*. Realizou-se a

adubação para atender às necessidades nutricionais da cultura principal. O milho foi plantado em novembro de 2007, em espaçamento de 0,76 m e com cinco plantas por metro linear. A braquiária foi plantada na mesma época do milho, a lanço com calcareadeira, utilizando 15 kg ha⁻¹ de semente. Após a colheita do milho, que ocorreu em março de 2008, foi introduzido gado na área para pastejo, permanecendo por cerca de dois meses a uma taxa de cinco unidades-animal por ha. Em outubro de 2008, foi realizada a dessecação do material de braquiária, com glifosato na dose de 3 L ha⁻¹. No momento da dessecação, a braquiária encontrava-se em plena rebrota, com aproximadamente 15 a 20 cm de altura. A área experimental foi dividida em seis blocos de 580 m² cada para avaliar a taxa de decomposição e liberação de nutrientes da palhada remanescente (milho + braquiária) aos 0, 15, 40, 110, 170 e 220 dias após a dessecação. Foram distribuídas 15 bolsas de decomposição (*litterbags*) por bloco, confeccionadas a partir de material plástico (náilon com malha de 2 mm de abertura), apresentando dimensões de 0,25 m² (0,5 × 0,5 m). Essa distribuição foi adotada para coletar três bolsas, para garantir material suficiente para análise nas amostragens finais, por bloco e em cada época de amostragem, a partir de 15 dias após a dessecação, uma vez que o tempo 0 foi coletado no ato da dessecação com quadrícula de tubo PVC de mesma área das bolsas (0,25 m²).

Após a coleta das bolsas de decomposição, o material foi seco em estufa de circulação forçada (65 °C até massa constante) e pesado para se determinar a matéria seca remanescente. Após a pesagem, o material foi triturado, utilizando moinho tipo Willey, sendo posteriormente determinados os teores de macronutrientes, segundo Tedesco et al. (1985). Ressalta-se que as avaliações foram feitas em cada bolsa individual.

Para descrever a decomposição dos resíduos vegetais e a liberação dos nutrientes, utilizou-se o modelo matemático exponencial descrito por Stanford & Smith (1972), do tipo $y = y_0 \cdot e^{-kt}$, em que y é a quantidade de matéria seca ou nutriente remanescente após um período de tempo t , em dias; y_0 , a quantidade inicial de matéria seca ou de nutriente; e k , a constante de decomposição do resíduo. Com o valor de k , foi calculado o tempo de meia-vida ($t_{1/2} = 0,693/k$) (Paul

Quadro 1. Atributos químicos e físico do solo da Fazenda Xanxerê utilizado no experimento

Prof.	pH(H ₂ O) ⁽¹⁾	P ⁽²⁾	K ⁽²⁾	S ⁽³⁾	Ca ⁽⁴⁾	Mg ⁽⁴⁾	Al ⁽⁴⁾	T	V	m	B ⁽⁶⁾	Cu ⁽²⁾	Fe ⁽²⁾	Mn ⁽²⁾	Zn ⁽²⁾	Argila ⁽⁵⁾
cm		— mg dm ⁻³ —			— cmol _c dm ⁻³ —				— % —			mg dm ⁻³ —				dag kg ⁻¹
00-10	6,1	20	202	26	1,6	0,6	0,0	3,9	68,9	0,0	0,7	0,3	27,7	4,8	3,2	22
10-20	5,7	4	66	14	1,0	0,4	0,0	2,9	51,4	0,0	1,6	0,0	39,2	1,5	0,8	25
20-40	5,6	2	21	13	0,6	0,3	0,0	2,1	42,0	0,0	1,5	0,0	47,4	0,8	0,4	26

⁽¹⁾ pH em água na relação solo:solução de 1:2,5; ⁽²⁾ Mehlich-1; ⁽³⁾ Método do fosfato de cálcio 0,5 mol L⁻¹; ⁽⁴⁾ Extrator KCl 1 mol L⁻¹; ⁽⁵⁾ Água quente; e ⁽⁶⁾ Método da pipeta (Embrapa, 1997).

& Clark, 1989), que representa o período de tempo necessário para que metade dos resíduos se decomponha ou para que metade dos nutrientes contidos nos resíduos seja liberada. Os dados foram ajustados por meio do programa CurveExpert v.1.3.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As condições climáticas do período desta pesquisa (outubro a maio) são representativas das condições climáticas médias regionais, considerando série histórica dos dados de 39 anos (1975 a 2013), que apresentou precipitação pluvial total de 1.402 mm nos meses de outubro a maio, temperatura média de 24,2 °C e umidade relativa do ar de 71 %; valores esses bem próximos ao deste trabalho (Figura 1) (Estação Meteorológica OMM 83332).

A matéria seca inicial foi de 6,62 Mg ha⁻¹ e, com 115 dias, metade dessa quantidade foi decomposta (Figura 2). Ao final das avaliações houve permanência de 36 % do resíduo vegetal no solo com perda de 4,23 Mg ha⁻¹ de matéria seca (Figura 2), cujo C foi liberado novamente para a atmosfera e os nutrientes contidos retornaram ao solo. Torres & Pereira (2008), em estudo com diversas plantas de cobertura no Cerrado, incluindo *Brachiaria brizantha*, obtiveram produção de matéria seca de braquiária de 6,0 e 2,1 Mg ha⁻¹ nas safras 2000/01 e 2001/02, respectivamente, com a variação nos valores devendo-se às diferenças climáticas entre os períodos de estudo. O valor de produção de matéria seca da primeira safra foi bem semelhante ao deste estudo; ao final do ciclo (210 dias) permaneceram no solo apenas 11,4 % do material vegetal, valor inferior ao deste trabalho. A t_{1/2} da braquiária no trabalho de Torres & Pereira (2008) foi de 56 dias. Ressalva-se que neste trabalho a palhada foi composta por plantas de milho e *Brachiaria ruziziensis*.

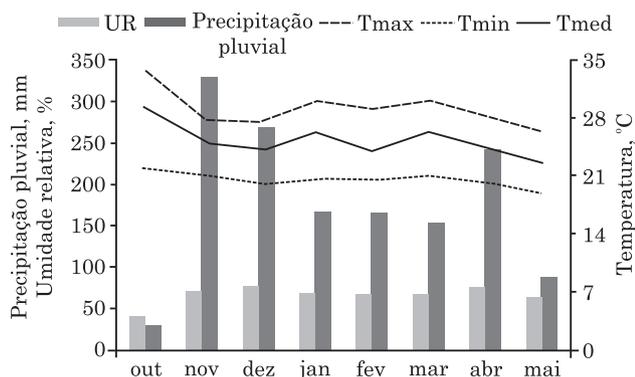


Figura 1. Valores médios de temperatura máxima (Tmax), mínima (Tmin) e média (Tmed), umidade relativa do ar (UR) e valores acumulados de precipitação pluvial ao longo dos meses de outubro de 2008 a maio de 2009.

Em condições semelhantes, Mata et al. (2011), trabalhando com 15 gramíneas no Estado do Tocantins, entre elas a *Braquiaria brizantha*, cultivadas por 120 dias, obtiveram produção média de 10,68 Mg ha⁻¹ de matéria seca, com t_{1/2} média de 57,5 dias e palhada remanescente de 28 % ao final desse período, valor próximo ao deste trabalho que apresenta 39 % de palhada remanescente aos 110 dias (Figura 2).

Segundo Moraes (2001), nos primeiros 42 dias após a dessecação, a taxa média de decomposição foi maior e a mineralização dos nutrientes foi mais acentuada nos primeiros 63 dias. Essa informação corrobora a de Torres et al. (2005), em trabalho com decomposição e liberação de N de resíduos de milho, *Brachiaria brizantha*, sorgo forrageiro, guandu, crotalária, aveia-preta, no Cerrado de Uberaba, MG.

Foi observada perda de 56 % da matéria seca da palhada de braquiária, bem como o mesmo valor para o consórcio milho e braquiária, aos 150 dias após dessecação em estudo na região dos Cerrados (Kliemann et al., 2006). Porém, Torres et al. (2008) obtiveram até 88,6 % de decomposição da palhada de *Brachiaria brizantha* aos 210 dias após a dessecação, no ano agrícola de 2000.

A liberação total de N dessa palhada foi de 29 kg ha⁻¹, com t_{1/2} de 128 dias (Figura 3a), próxima daquela medida na matéria seca. Aos 100 dias de avaliação, Leite et al. (2010) obtiveram redução de 48 e 50 % da matéria seca da palhada de braquiária e do consórcio braquiária e milho, respectivamente, bem com diminuição de 67 e 65 % do N total, respectivamente, em estudo no Cerrado maranhense. Já Torres et al. (2008), no Cerrado de Uberaba, obtiveram t_{1/2} de 53 dias para o N no ano agrícola de 2000.

Para o P, ao longo de todo o período avaliado, foram liberados 7,8 kg ha⁻¹ desse nutriente, permanecendo 20 % da quantidade inicial de P na palhada (Figura 3b). No trabalho de Leite et al. (2010), os resíduos de

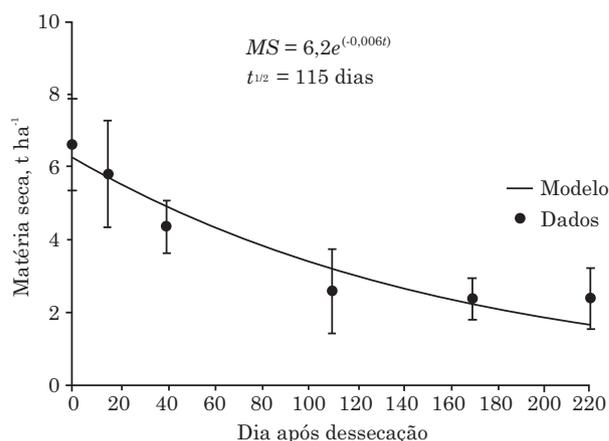


Figura 2. variação na massa de matéria seca de cobertura do solo em função de dias após a dessecação das plantas com herbicida. Barras verticais representam o desvio-padrão da média de cada ponto.

braquiária e do consórcio braquiária e milho continuam, no tempo zero, 20 e 11 kg ha⁻¹ de P, respectivamente, que foram reduzidos em 93 e 97 % aos 100 dias de avaliação. Comparado ao trabalho de Torres et al. (2008), em que o P apresentou t^{1/2} de 117 dias, a liberação nesta pesquisa foi bem mais rápida, com t^{1/2} de 67 dias (Figura 3b).

A liberação de K é bastante peculiar, pois sofre queda brusca logo após a dessecação (Figura 3c), apresentando t^{1/2} de 13 dias. Esse valor de t^{1/2} foi bem inferior ao obtido por Torres & Pereira (2008), de 73 dias. Todavia, essa variável é muito dependente do tipo de material e das condições climáticas; por isso, comparações devem ser feitas com cautela, servindo apenas como referência. Pode-se verificar também que a quantidade remanescente do nutriente na palhada é muito pequena; apenas 6 % da quantidade total de K não foi liberada (Figura 3c). Isso se explica pelo fato de o K não ser elemento estrutural na planta e, assim, possuir fácil liberação (Taiz & Zeiger, 2009).

Esses dados corroboram os de Leite et al. (2010), com o K reduzido a 7 e 8 % na braquiária e no consórcio braquiária e milho, respectivamente, aos 100 dias de avaliação.

O Ca e Mg apresentaram comportamento semelhante, sendo disponibilizado um total de 48,6 e 17,0 kg ha⁻¹ de Ca e Mg, respectivamente, do início das avaliações (outubro de 2008) até o final (220 dias após a dessecação) (Figura 3d,e). Esses elementos apresentaram t^{1/2} de 91 (Ca) e 68 (Mg) dias (Figura 3d,e), valores bem superiores aos obtidos por Torres et al. (2008), de 25 dias de t^{1/2} para o Ca e 11 dias para o Mg, considerando a *Brachiaria brizantha*.

O S teve liberação de 7,7 kg ha⁻¹ e t^{1/2} de 78 dias (Figura 3f). Essa t^{1/2} é bem maior do que a encontrada por Torres et al. (2008) de 18 dias para o S da *Brachiaria brizantha*. Já Gama-Rodrigues et al. (2007) observaram valores de t^{1/2} para N, P, Ca e Mg na braquiária de 131, 112, 198 e 122 dias, respectivamente, valores mais próximos dos deste trabalho.

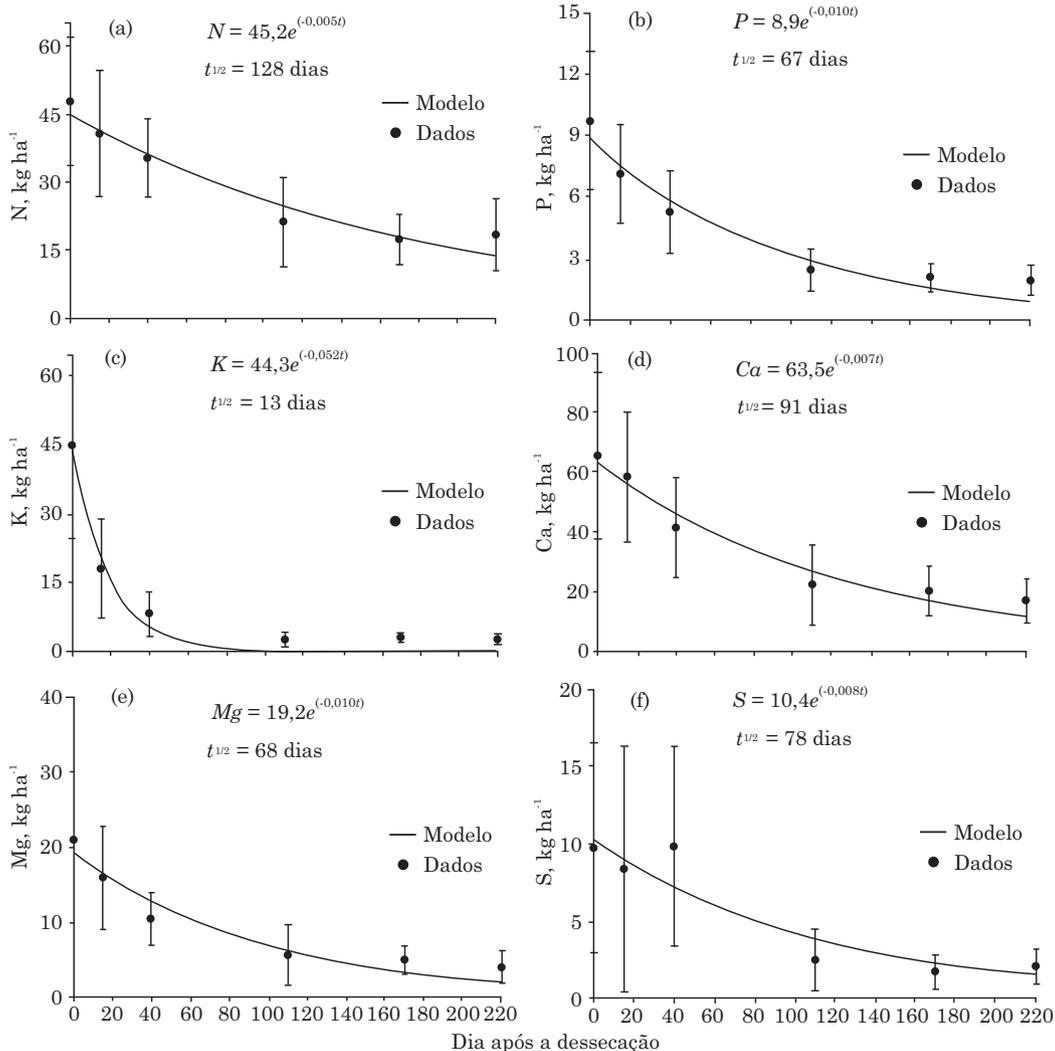


Figura 3. Liberação de nitrogênio (a), fósforo (b), potássio (c), cálcio (d), magnésio (e) e enxofre (f) da palhada de milho + *Brachiaria ruziziensis* após a dessecação da área com herbicida. Barras verticais representam o desvio-padrão da média de cada ponto.

Quadro 2. Economia (R\$ ha⁻¹) com base nas quantidades de fertilizantes equivalentes às quantidades de N, P e K liberados pela palhada até 110 dias após dessecação

Nutriente	Liberado pela palhada	Equivalente em Fertilizante ⁽¹⁾		Economia R\$ ha ⁻¹
		kg ha ⁻¹		
N	26,5	59		77,29
P (P ₂ O ₅)	7,3 (16,7)	93		63,24
K (K ₂ O)	51,0 (51,0)	85		102,85
Total				243,38

⁽¹⁾ N: Ureia (45 % N, R\$ 1,31 kg⁻¹); P: Superfosfato Simples (18 P₂O₅, R\$ 0,68 kg⁻¹); K: Cloreto de Potássio (60 % K₂O, R\$ 1,21 kg⁻¹). Preços locais dos adubos à granel, fornecidos pela Galvani, S.A. Adubos e Fertilizantes.

Reforçando a importância da composição do material vegetal e da condição climática, o trabalho de Marcelo et al. (2012), para milho, em Jaboticabal, SP, evidencia valores remanescentes de matéria seca e nutrientes na palhada maiores que os desta pesquisa, realizada em condições mais favoráveis à decomposição dos resíduos. Dessa forma, Marcelo et al. (2012) obtiveram, aos 180 dias de avaliação, 75 % de matéria seca remanescente, contra 36 % deste trabalho - (Figura 2), considerando 170 dias; 59, 55, 20, 50, 33 e 50 % de N, P, K, Ca, Mg e S remanescentes, respectivamente, contra 36, 21, 7, 31, 24 e 17 % de N, P, K, Ca, Mg e S, respectivamente, aos 170 dias (Figura 3).

O conhecimento dessas variáveis é de grande importância em programas de adubação, pois a quantidade liberada pode ser considerada para o cálculo da dose a ser aplicada. Além disso, é importante ter dados da dinâmica dessa liberação, pois há necessidade de se buscar a oferta do nutriente no período de maior demanda da planta.

Considerando-se as quantidades de N, P e K liberada até 110 dias, que seria a época do florescimento e de maior acúmulo de absorção de nutrientes na cultura principal subtraída da quantidade de nutrientes inicial (outubro) e transformando-se as quantidades em equivalentes dos adubos, estima-se uma economia de R\$ 243,38, (Quadro 2). Esse valor é de grande impacto econômico, considerando-se que na fazenda onde foi realizado o experimento, cultivam-se cerca de 15.000 ha; logo, haveria uma economia total em fertilizantes estimada de R\$ 3.650.700,00.

CONCLUSÕES

1. A dinâmica de decomposição e liberação de nutrientes evidencia uma rápida disponibilização de até, aproximadamente, 70 dias após a dessecação, à exceção do N.

2. Praticamente todo o K foi liberado da palhada de milho + braquiária, restando cerca de 20 % dos demais macronutrientes.

3. Em relação à matéria seca de palhada, 36 % da quantidade inicial permaneceram na área após o período de avaliação.

LITERATURA CITADA

- AITA, C.; GIACOMINI, S.J.; HÜBNER, A.P.; CHIAPINOTTO, I.C. & FRIES, M.R. Consorciação de plantas de cobertura antecedendo o milho em plantio direto. I - Dinâmica do nitrogênio no solo. R. Bras. Ci. Solo, 28:739-749, 2004.
- AMADO, T.J.C.; SANTI, A. & ACOSTA, J.A.A. Adubação nitrogenada na aveia preta. II - Influência na decomposição de resíduos, liberação de nitrogênio e rendimento de milho sob sistema plantio direto. R. Bras. Ci. Solo, 27:1085-1096, 2003.
- AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J. & AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob sistema plantio direto. R. Bras. Ci. Solo, 26:241-248, 2002.
- BERTOL, I.; CIPRANDI, O.; KURTZ, C. & BAPTISTA, A.S. Persistência dos resíduos culturais de aveia e milho sobre a superfície do solo em semeadura direta. R. Bras. Ci. Solo, 22:705-712, 1998.
- BOER, C.A.; ASSIS, R.L.; SILVA, G.P.; BRAZ, A.J.B.P.; BARROSO, A.L.L.; CARGNELUTTI FILHO, A. & PIRES, F.R. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado. Pesq. Agropec. Bras., 42:1269-1276, 2007.
- CARVALHO, A.M.; BUSTAMANTE, M.M.C.; ALCÂNTARA, F.A.; RESCK, I.S. & LEMOS, S.S. Characterization by solid-state CPMAS ¹³C NMR spectroscopy of decomposing plant residues in conventional and no-tillage systems in Central Brazil. Soil Till. Res., 102:144-150, 2009.
- CARVALHO, F.T. Sistema de interpretação de análise de solo para recomendação de corretivos e fertilizantes para a cultura do milho. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2000. 93p. (Dissertação de Mestrado)

⁽⁶⁾ Galvani, 05/2013, Sete Lagoas (MG), Brasol - Comunicação pessoal.

- CERETTA, C.A.; AITA, C.; BRAIDA, J.A.; PAVINATO, A. & SALET, R.L. Fornecimento de nitrogênio por leguminosa na primavera para o milho em sucessão nos sistemas de cultivo mínimo e convencional. R. Bras. Ci. Solo, 18:215-220, 1994.
- CERETTA, C.A.; BASSO, C.J.; HERBES, M.G.; POLETTO, N. & SILVEIRA, M.J. Produção e decomposição de fitomassa de plantas invernais de cobertura de solo e milho, sob diferentes manejos da adubação nitrogenada. Ci. Rural, 32:49-54, 2002.
- CRUSCIOL, C.A.C.; CIOTTA, R.L.; LIMA, E.V.; ANDREOTTI, M.; MORO, E. & MARCON, E. Persistência de palhada e liberação de nutrientes do nabo forrageiro no plantio direto. Pesq. Agropec. Bras., 40:161-168, 2005.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solos. 2.ed. Rio de Janeiro, Embrapa-CNPQ, 1997. 212p.
- ESPÍNDOLA, J.A.A.; GUERRA, J.G.M.; ALMEIDA, D.L.; TEIXEIRA, M.G. & URQUIAGA, S. Decomposição e liberação de nutrientes acumulados em leguminosas herbáceas perenes consorciadas com bananeiras. R. Bras. Ci. Solo, 30:321-328, 2006.
- GAMA-RODRIGUES, A.C.; GAMA-RODRIGUES, E.F. & BRITO, E.C. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos culturais de plantas de cobertura em Argissolo Vermelho-Amarelo na região noroeste fluminense-RJ. R. Bras. Ci. Solo, 31:1421-1428, 2007.
- GIACOMINI, S.J.; AITA, C.; HÜBNER, A.P.; LUNKES, A.; GUIDINI, E. & AMARAL, E.B. Liberação de fósforo e potássio durante a decomposição de resíduos culturais em plantio direto. Pesq. Agropec. Bras., 38:1097-1104, 2003.
- KLIEMANN, H.J.; BRAZ, A.J.P.B. & SILVEIRA, P.M. Taxas de decomposição de resíduos de espécies de cobertura em Latossolo Vermelho distroférrico. Pesq. Agropec. Trop., 36:21-28, 2006.
- KLUTHCOUSKI, J. & OLIVEIRA, P. Benefícios da ILP para a pecuária e desafios no cultivo de grandes culturas em sistemas ILPF no Cerrado com uso de plantio direto na palha. In: SANTOS, L.F.T.; MENDES, L.R.; DUARTE, E.R.; GLÓRIA, J.R.; ANDRADE, J.M.; CARVALHO, L.R. & SALES, N.L.P., eds. Integração lavoura-pecuária-floresta: Potencialidades e técnicas de produção. Montes Claros, Instituto de Ciências Agrárias da UFMG, 2012. p.21-35.
- LEITE, L.F.C.; FREITAS, R.C.A.; SAGRILO, E. & GALVÃO, S.R.S. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos vegetais depositados sobre Latossolo Amarelo no Cerrado Maranhense. R. Ci. Agron., 41:29-35, 2010.
- MARCELO, A.V.; CORÁ, J.E. & FERNANDES, C. Sequências de culturas em sistema de semeadura direta. II. Decomposição e liberação de nutrientes na entressafra. R. Bras. Ci. Solo, 36:1568-1582, 2012.
- MATA, J.F.; SILVA, R.R.; CHAGAS, J.F.R.; FREITAS, G.A. & FARIAS, V.L.S. Produção, decomposição e meia-vida da palhada de consórcio de gramíneas sob diferentes níveis de adubação para sistema de plantio direto no cerrado. R. Bras. Tecnol. Aplic. Ci. Agrár., 4:96-115, 2011.
- MATOS, E.S.; MENDONÇA, E.S.; CARDOSO, I.M.; LIMA, P.C. & FREESE, D. Decomposition and nutrient release of leguminous plants in coffee agroforestry systems. R. Bras. Ci. Solo, 35:141-149, 2011.
- MEDRADO, R.D.; CARVALHO, P.C.F.; MORAES, A.; RIOS, E.M.; LANG, C.R. & LOPES, E.C.P. Decomposição de resíduos culturais e liberação de nitrogênio para a cultura do milho. Sci. Agrar., 12:97-107, 2011.
- MORAES, R.N.S. Decomposição das palhadas de sorgo e milheto, mineralização de nutrientes e seus efeitos no solo e na cultura do milho em plantio direto. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2001. 90p. (Dissertação de Mestrado)
- MOREIRA, F.M.S. & SIQUEIRA, J.O. Microbiologia e bioquímica do solo. 2.ed. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2006. 729p.
- PAUL, E.A. & CLARK, F.E. Soil microbiology and biochemistry. San Diego, Academic Press, 1989. 275p.
- ROSOLEM, C.A.; CALONEGO, J.C. & FOLONI, J.S.S. Lixiviação de potássio da palha de espécies de cobertura de solo de acordo com a quantidade de chuva aplicada. R. Bras. Ci. Solo, 27:355-362, 2003.
- SANTOS, F.C.; NEVES, J.C.L.; NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H. & SEDIYAMA, C.S. Modelagem da recomendação de corretivos e fertilizantes para a cultura da soja. R. Bras. Ci. Solo, 32:1661-1674, 2008.
- SORATTO, R.P.; CRUSCIOL, C.A.C.; COSTA, C.H.M.; FERRARI NETO, J. & CASTRO, G.S.A. Produção, decomposição e ciclagem de nutrientes em resíduos de crotalaria e milheto, cultivados solteiros e consorciado. Pesq. Agropec. Bras., 47:1462-1470, 2012.
- STANFORD, G. & SMITH, S.J. Nitrogen mineralization potentials of soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 36:465-472, 1972.
- TAIZ, L. & ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 4.ed. Porto Alegre, Artmed, 2009. 849p.
- TEDESCO, M.J.; VOLKWEISS, S.J. & BOHNEN, H. Análises de solo, plantas e outros materiais. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1985. 188p.
- TORRES, J.L.R. & PEREIRA, M.G. Dinâmica do potássio nos resíduos vegetais de plantas de cobertura no Cerrado. R. Bras. Ci. Solo, 32:1609-1618, 2008.
- TORRES, J.L.R.; PEREIRA, M.G.; ANDRIOLI, I.; POLIDORO, J.C. & FABIAN, A.J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura em um solo de Cerrado. R. Bras. Ci. Solo, 29:609-618, 2005.
- TORRES, J.L.R.; PEREIRA, M.G. & FABIAN, A.J. Produção de fitomassa por plantas de cobertura e mineralização de seus resíduos em plantio direto. Pesq. Agropec. Bras., 43:421-428, 2008.