

PERSISTÊNCIA E LIBERAÇÃO DE MACRONUTRIENTES E SILÍCIO DA FITOMASSA DE CROTALÁRIA EM FUNÇÃO DA FRAGMENTAÇÃO

PERSISTENCE AND RELEASE OF MACRONUTRIENTS AND SILICON OF SUNNHEMP PHYTOMASS AS AFFECTED BY FRAGMENTATION

**Claudio Hideo Martins da COSTA¹; Carlos Alexandre Costa CRUSCIOL²;
Rogério Peres SORATTO²; Jayme FERRARI NETO¹**

1. Doutorando em Agronomia, Universidade Estadual Paulista – UNESP, Botucatu, SP, Brasil.

chmcosta@fca.unesp.br. 2. Professor, Doutor, UNESP, Botucatu, SP, Brasil. crusciol@fca.unesp.br.

RESUMO: A persistência da palhada, bem como, a dinâmica de liberação de nutrientes, são importantes aspectos a se considerar na escolha de plantas para composição das rotações de culturas em sistema plantio direto. Assim, objetivou-se com esse trabalho avaliar a taxa de decomposição e a velocidade de liberação de macronutrientes e silício (Si), da fitomassa de crotalária (*Crotalaria juncea* L.), em função do manejo, sem e com fragmentação. O delineamento experimental foi de blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema fatorial 2x6, constituído por dois manejos da fitomassa da parte aérea aos 75 dias após emergência (sem e com fragmentação mecânica) e seis épocas de coleta (0, 18, 32, 46, 74 e 91 dias após manejo (DAM)), onde foram avaliadas a taxa de decomposição e a liberação de nutrientes da fitomassa da crotalária. A fragmentação mecânica da palhada da crotalária não alterou a decomposição e a liberação de macronutrientes. As máximas taxas de liberação diária ocorreram de 0 a 18 DAM. O K é o nutriente mais rapidamente disponibilizado, enquanto que o Si é o elemento liberado mais lentamente ao solo. Com o passar do tempo ocorreu aumento do teor de Si na palhada.

PALAVRAS-CHAVE: *Crotalaria juncea* L., ciclagem de nutrientes, taxa de decomposição, manejo da palhada, cobertura vegetal.

INTRODUÇÃO

A produção e a manutenção da palhada sobre a superfície do solo é uma das premissas para o sucesso do sistema plantio direto (SPD), principalmente na região tropical. Isso por causa da razão da umidade e temperatura elevadas a partir da primavera até meados do outono que aceleram a decomposição da cobertura vegetal do solo. Assim, a quantidade e a resistência a degradabilidade da fitomassa são características importantes de plantas destinadas a cobertura do solo (ALVES et al., 1995). Desse modo, os melhores indicadores de qualidade de uma planta de cobertura são: a porcentagem de cobertura e a persistência sobre o solo, a capacidade de ciclar nutrientes, notadamente a mobilização de elementos livixiados ou pouco solúveis, liberados gradativamente para a cultura subsequente (CRUSCIOL et al., 2008).

Vários autores têm observado efeitos benéficos das plantas de cobertura, seja nas propriedades químicas e físicas do solo, ou na produtividade das culturas sucedâneas, decorrentes da produção de fitomassa, acúmulo e posterior liberação de nutrientes pela decomposição da palhada (AITA et al., 2001; AITA; GIACOMINI, 2003; TORRES et al., 2005; ESPÍNDOLA et al.,

2006; BOER et al., 2007; GAMA-RODRIGUES et al., 2007; TORRES et al., 2008; CRUSCIOL; SORATTO, 2007; CRUSCIOL; SORATTO, 2009), processo essencialmente biológico envolvendo macro, meso e microorganismos, enquanto os fatores bióticos e abióticos determinam a velocidade deste (AMADO, 2000).

Entre as espécies utilizadas como plantas de cobertura e para adubação verde, as pertencentes à família das leguminosas se destacam pela associação simbiótica com bactérias fixadoras de nitrogênio (N₂), que resulta em aporte de quantidades expressivas deste nutriente ao sistema solo-planta (PERIN et al., 2003), contribuindo com a nutrição das culturas subsequentes (ANDREOLA, et al., 2000; ZOTARELLI, 2000). Outra característica de destaque das leguminosas é a baixa relação C/N, que aliado à grande presença de compostos solúveis, favorece sua decomposição e mineralização por microorganismos do solo e a ciclagem de nutrientes (ZOTARELLI, 2000).

Assim, a crotalária (*Crotalaria juncea* L.) se destaca dentre as espécies de leguminosas normalmente utilizadas como planta de cobertura e adubo verde. As principais características dessa espécie são: a boa cobertura do solo proporcionado pelo rápido crescimento, alta produção de biomassa,

resistência a pragas e doenças, elevada ciclagem de nutrientes e supressão de nematóides parasitas (INOMOTO et al., 2008). Essa última característica tem acarretado em grande expansão do cultivo dessa espécie nas áreas de produção de grãos na região do cerrado brasileiro.

No SPD, poucas foram às pesquisas que visaram estudar o tipo de manejo da fitomassa e sua relação com os processos de liberação de nutrientes e decomposição da mesma. Porém, é possível que o tipo de manejo influencie diretamente a velocidade de liberação de nutrientes, bem como, a de degradação da cobertura morta da superfície do solo.

Esse trabalho teve como objetivo a avaliação da persistência da fitomassa da crotalária, bem como a velocidade de liberação dos macronutrientes e Si e as mudanças nas relações C/N, C/P, C/S e C/Si na fitomassa em função do tempo após manejo, sem e com fragmentação.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido em condições de campo, durante o ano agrícola 2004/05, na Fazenda Experimental Lageado da Faculdade de Ciências Agrônômicas (UNESP), Botucatu, São Paulo (SP) (22°58'S, 48°23'W e 765 m de altitude), com um solo classificado como Nitossolo Vermelho. Segundo a classificação climática de Köppen, o clima predominante na região é do tipo Cwa., caracterizado pelo clima tropical de altitude, com inverno seco e verão quente e chuvoso.

Durante a condução do experimento, a precipitação e a temperatura média mensais foram de, respectivamente, 430 mm e 23 °C em janeiro, 70 mm e 23,5 °C em fevereiro, 120 mm e 23,5 °C em março e 88 mm e 22,8 °C em abril.

As características químicas do solo (0-20 cm) foram determinadas antes da instalação do experimento, e os resultados estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Características químicas do solo da área antes da instalação do experimento.

Prof. (m)	pH (CaCl ₂)	M.O. (g dm ⁻³)	P(resina) (Mg dm ⁻³)	H + Al -----	K (mmol _c dm ⁻³)	Ca -----	Mg -----	V (%)
0-0,20	5,0	25	17	34,1	1,6	33,3	17,6	61

O delineamento experimental foi em esquema fatorial 2x6, constituídos por dois manejos da fitomassa (sem e com manejo mecânico) e seis épocas de coleta da fitomassa da parte aérea (0, 18, 32, 46, 74 e 91 dias após o manejo (DAM)), em blocos casualizados, com quatro repetições. A dimensão das parcelas foi de 5 m de largura e 15 m de comprimento (área total de 75 m²).

A semeadura da crotalária cv. IAC-KR1 foi efetuada, em 21/10/2004, cuja emergência ocorreu nove dias após (30/10/2004). Utilizou-se 40 kg ha⁻¹ de sementes no espaçamento de 0,17 m entre linhas, e aproximadamente 0,03 m de profundidade. Não foi realizada qualquer adubação, assim como controle fitossaniário (controle de pragas e doenças).

Aos 75 dias após a emergência (DAE - 14/01/2005), no estágio de florescimento pleno, foi realizado o manejo químico em área com a utilização do herbicida glyphosate (1920 g i.a. ha⁻¹). Após a dessecação, realizou-se o manejo mecânico por meio de triturador de palha horizontal, nas parcelas previamente determinadas.

Realizaram-se coletas cobertura vegetal no dia do manejo da crotalária aos 0, 18, 32, 46, 74 e 91 DAM e em cada época de coleta foram

amostrados três quadros, com 0,25m² de área interna (amostras simples), que constituíram uma amostra composta por parcela. O caminhamento de amostragem, dentro das unidades experimentais, foi realizado no sentido diagonal, sendo aleatória a escolha dos pontos de coleta, excluindo-se 0,50 m de cada extremidade como bordadura. Os resíduos sofreram pré-limpeza por meio de peneiras, para remoção do solo aderido, em seguida foram lavados e com agitação durante alguns segundos em água deionizada, em três porções sucessivas, logo após colocados sobre papel absorvente. As amostras foram acondicionadas em sacos de papel e secas em estufa com circulação forçada de ar a 60 °C, e mensuradas quanto a biomassa. A seguir, o material foi moído em moinho tipo Willey, para posterior determinação dos teores de macronutrientes (MALAVOLTA et al., 1997), carbono (C) (TEDESCO et al., 1985) e silício (Si) (KORNDÖRFER et al., 2002).

As quantidades de macronutrientes, C e Si remanescentes na fitomassa foram determinadas pelo produto da quantidade de massa seca e os teores de nutrientes do resíduo vegetal. De posse desses valores, calculou-se a liberação de nutrientes para o solo e as porcentagens de liberação.

Os dados foram submetidos à análise de variância. As médias dos tratamentos do fator manejo da fitomassa foram comparadas pelo teste de t (DMS) a 5% de probabilidade e os dados do fator épocas de coletas da fitomassa foram ajustados a funções matemáticas a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produção de fitomassa seca da parte aérea da crotalária, aos 75 DAE, foi de aproximadamente 8.040 kg ha⁻¹ (Figura 1A), valor muito próximo do obtido por Menezes et al. (2009), que foi de 8.689 kg ha⁻¹ aos 90 DAE .

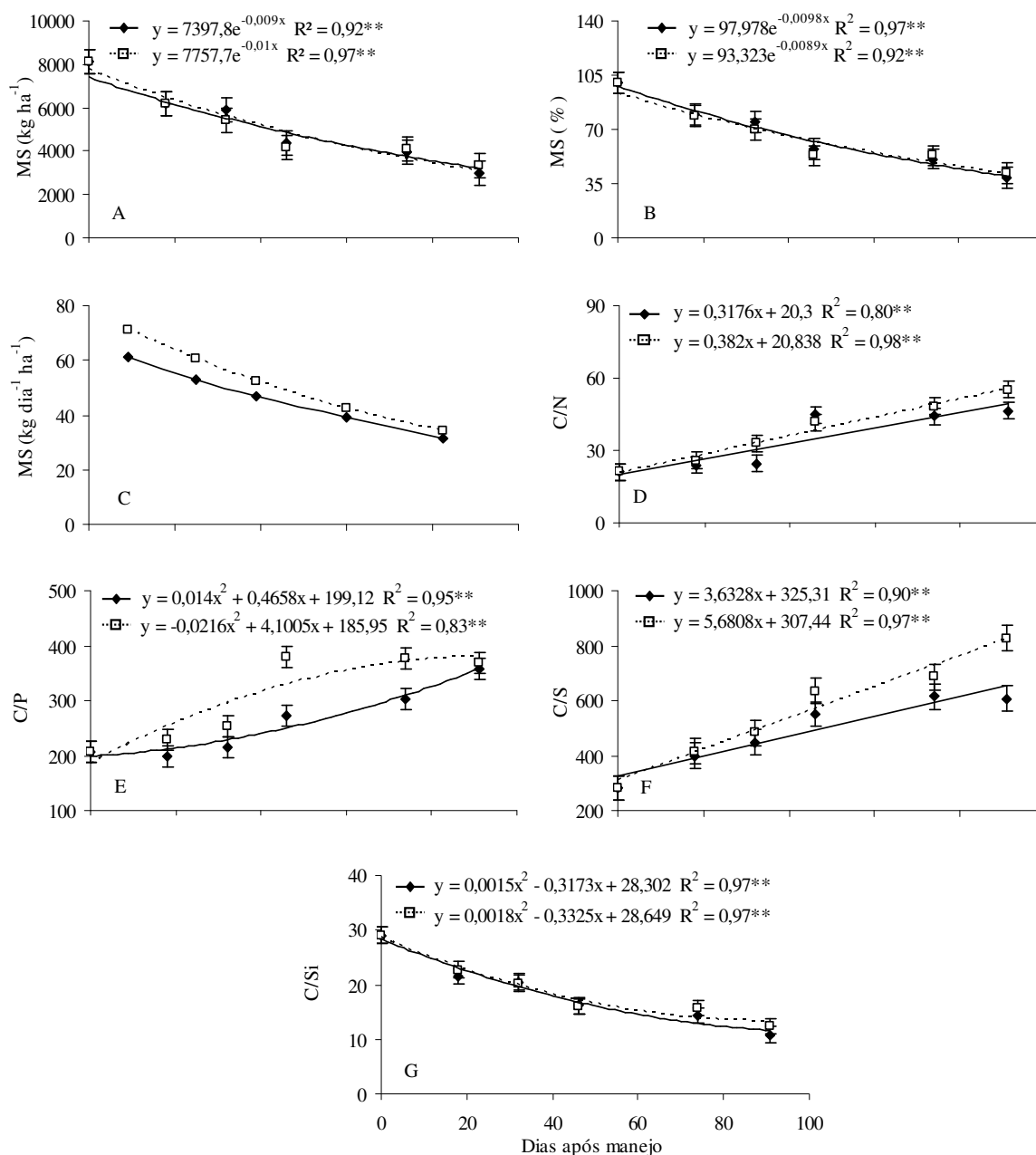


Figura 1. Massa de matéria seca (A), porcentagem remanescente de matéria seca (B), perda diária de matéria seca (C), relações C/N (D), C/P (E), C/S (F) e C/Si (G) da fitomassa de crotalária em função do tempo após o manejo, sem (—●—) e com (---□---) fragmentação mecânica. ** é significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. Barras verticais são indicativo do valor de DMS a 5% de probabilidade.

A decomposição da fitomassa da crotalária atingiu 50% da quantidade inicial aos 67 e 63 DAM, sem e com fragmentação da fitomassa, respectivamente, com os valores ajustados a funções

exponenciais, semelhante nos dois tipos de manejo (Figuras 1A e 1B). Na última amostragem (91 DAM) restava apenas, aproximadamente, 40% da

quantidade de fitomassa inicial, independentemente do manejo utilizado.

As maiores taxas de decomposição da fitomassa ocorreram no período de 0 a 18 DAM, com valores de 61 e 71 kg ha⁻¹ dia⁻¹, nos manejos sem e com fragmentação, respectivamente (Figura 1C). Destaca-se que a fragmentação mecânica aumentou ligeiramente a taxa de decomposição da fitomassa na fase inicial de avaliação (Figura 1C), porém, sem interferir significativamente na quantidade remanescente de matéria seca de crotalária presente sobre o solo (Figura 1A). Enquanto que no último período de avaliação, entre 74 e 91 DAM, as taxas de decomposição eram de 32 e 34 kg ha⁻¹ dia⁻¹, respectivamente, sem e com fragmentação, ou seja, praticamente iguais. Essa constatação é embasada pelos resultados das relações C/N, C/P, C/S e C/Si, que expressam a resistência da fitomassa à decomposição. No momento do manejo os valores das relações C/N, C/P, C/S e C/Si eram, respectivamente de 21, 207, 282 e 29 (Figuras 1D, 1E, 1F e 1H). Menezes e Leandro (2004) constataram no momento da dessecação (90 DAE) da crotalária, valor de relação C/N, C/P e C/S superiores a obtida no presente trabalho (35, 411 e 583, respectivamente).

No entanto, com o passar do tempo as relações C/N, C/P e C/S aumentaram e a de C/Si diminuiu, e na última amostragem atingiu, respectivamente, valores de 56, 380, 824 e 13, onde houve fragmentação da fitomassa, e de 49, 357, 656 e 12 onde não houve fragmentação. Fica evidente que o N (Figura 2A), P (Figura 2B) e S (Figura 2F) são facilmente liberados da palhada, em relação ao C (Figura 2G), por estarem associados a componentes orgânicos do tecido vegetal (MARSCHNER, 1995). Já o Si pode estar fazendo parte de estruturas de difícil degradação, pois a relação C/Si reduz intensamente. O Si ao ser absorvido pela planta polimeriza-se, na forma de sílica amorfa de difícil degradação, que se acumulam principalmente no entorno ou dentro das células do tecido vegetal (PINILLA, 1997). Assim, conforme a palhada se degrada, aumenta a concentração de sílica amorfa no resíduo vegetal, até que esta alta concentração diminui a taxa de decomposição (Figura 1). Pode-se deduzir que assim como as demais, a relação C/Si é um instrumento importante na análise da decomposição da palha, assim como as demais, porém, ainda pouco determinada em trabalhos dessa natureza.

Assim, em relação a outras espécies de cobertura, como o nabo forrageiro (CRUSCIOL et al. 2005) e a aveia preta (CRUSCIOL et al. 2008), a fitomassa de crotalária tem boa persistência,

independentemente do manejo utilizado. Ficou evidente que nas condições experimentais a fragmentação não refletiu em aumento expressivo da degradação da palhada.

Mediante a Figura 2, verifica-se que houve redução gradual dos teores de todos os macronutrientes e aumento do teor de Si na fitomassa remanescente. Esse efeito ocorreu à medida que diminuiu a quantidade da fitomassa sobre o solo (Figura 1A). Assim, comparando os teores iniciais com os atingidos na última avaliação, verificou-se reduções de 62, 57, 99, 73, 59, 67 e 14% com fragmentação, e de 64, 45, 95, 82, 62, 41 e 10%, sem fragmentação da fitomassa, respectivamente, para N, P, K, Ca, Mg, S e C. As reduções observadas foram muito semelhantes entre os manejos adotados.

Especificamente, quanto ao teor K, constatou-se acentuada liberação inicial deste elemento, com posterior redução, provavelmente em função da baixa quantidade de K remanescente no tecido vegetal (Figuras 2C e 3C). A rápida liberação de K da fitomassa ocorreu em decorrência desse elemento não estar associado a nenhum componente estrutural do tecido vegetal (MARSCHNER, 1995). O K não é metabolizado na planta, formando ligações com complexos orgânicos de fácil reversibilidade (ROSOLEM et al., 2003). Assim, à medida que a parte aérea das plantas de crotalária inicia o processo de secagem e se degrada, a concentração desse nutriente no tecido diminui drasticamente, pois é facilmente lixiviado pela água das chuvas (KHATOUNIAN, 1999), após o rompimento das membranas plasmáticas (MALAVOLTA et al., 1997).

Com relação ao Si, o aumento dos teores na fitomassa no decorrer das amostragens, 104 e 117% aos 91 DAM, respectivamente, sem e com fragmentação mecânica, em relação aos valores iniciais (Figura 2H), foi, provavelmente, em razão do aumento da concentração de sílica à medida que a fitomassa foi degradada.

No momento do manejo, o acúmulo aproximado de N, P e K foram, respectivamente, 186, 19 e 107 kg ha⁻¹ (Figura 3A, 3B e 3C). Esses comparados aos resultados obtidos por Cazetta et al. (2005), esses valores expressam quantidades substancialmente maiores de N, P e K ciclados pela crotalária, independentemente do tipo de manejo utilizado. Quantidades expressivas também foram constatadas quanto ao acúmulo de Ca (72 kg ha⁻¹), Mg (19 kg ha⁻¹), S (11 kg ha⁻¹), C (3.904 kg ha⁻¹) e Si (135 kg ha⁻¹).

As quantidades acumuladas de nutrientes na palhada decresceram durante o período de

avaliação, deste modo, quanto menor a sua quantidade remanescente na palhada, maior foi sua quantidade disponibilizada para o solo (Figura 3). Assim, restaram na última avaliação 24,9; 3,7; 2,7; 4,9; 3,3; 1,7; 1.263 e 115,4 kg ha⁻¹, nas parcelas sem a fragmentação da fitomassa, e 23,8; 3,4; 1,5; 5,0; 2,9; 1,6; 1.391 e 112,2 kg ha⁻¹ nas com fragmentação mecânica, respectivamente, de N, P, K, Ca, Mg, S, C e Si. Dessa forma, na última

avaliação tinha sido disponibilizado, sem a fragmentação da fitomassa, 137,2; 13,2; 131,4; 49,8; 15,1; 9,4; 2.467; 20,0 kg ha⁻¹, e com a fragmentação 152,8; 15,9; 121,3; 67,3; 15,8; 9,7; 2.192; 20,3 kg ha⁻¹, respectivamente, de N, P, K, Ca, Mg, S, C e Si. Esses resultados evidenciam que a fragmentação da fitomassa não alterou a liberação dos nutrientes acumulados pela crotalaria.

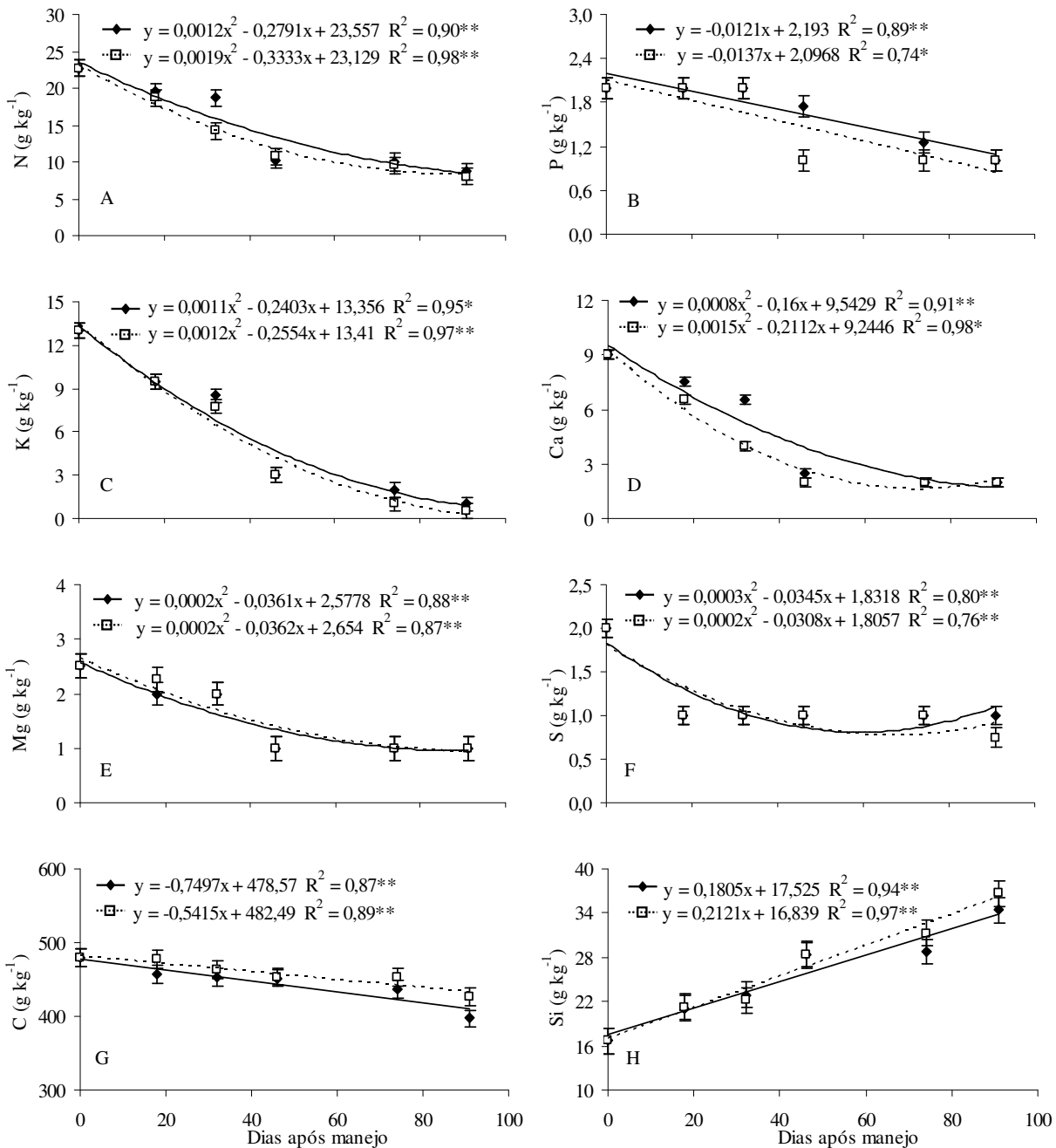


Figura 2. Teores de N (A), P (B), K (C), Ca (D), Mg (E), S (F), C (G) e Si (H) na fitomassa de crotalaria em função do tempo após o manejo, sem (—●—) e com (---□---) fragmentação mecânica. **, * são significativos, respectivamente, a 1% e 5% de probabilidade pelo teste F. Barras verticais são indicativo do valor de DMS a 5% de probabilidade.

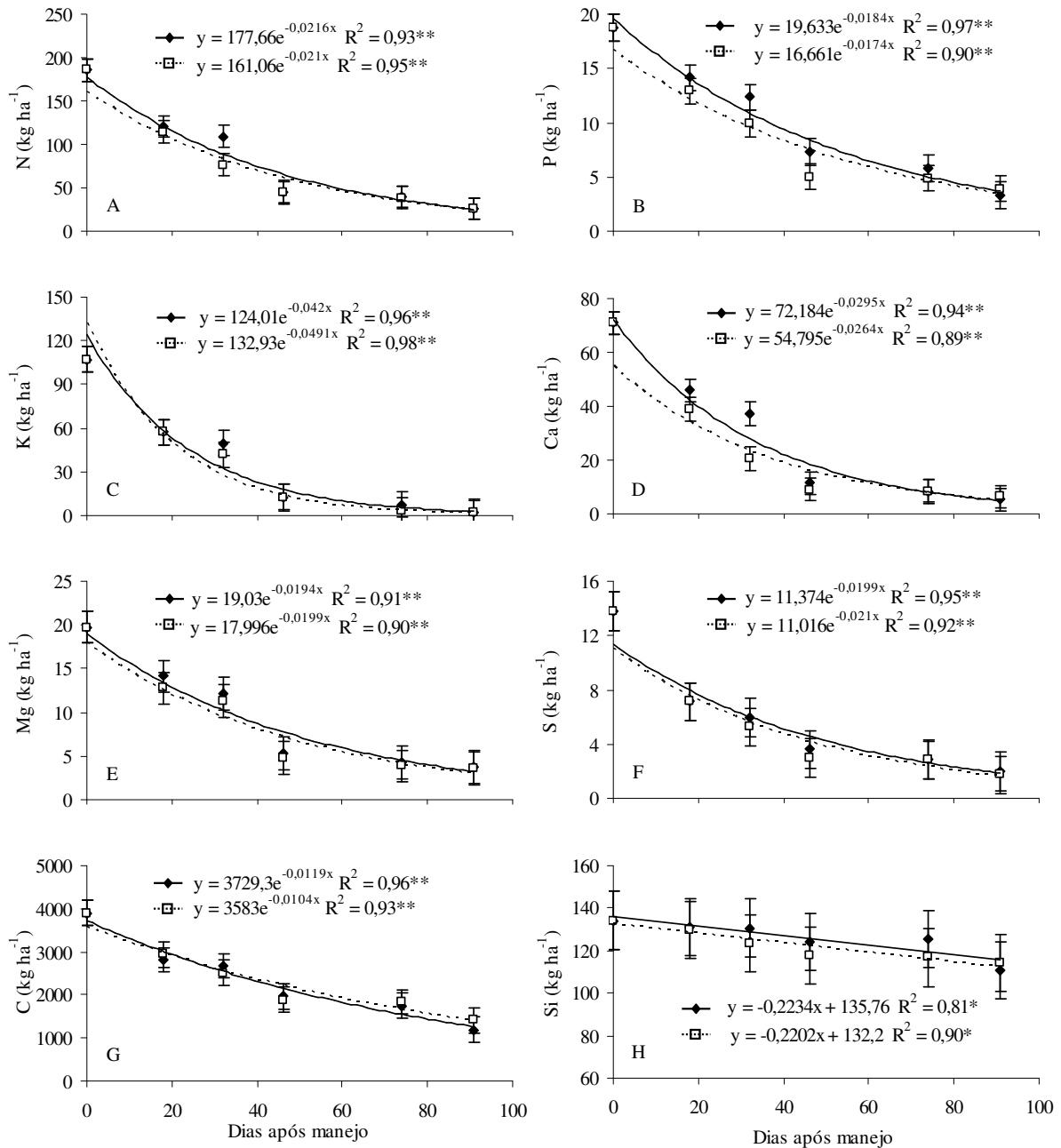


Figura 3. Quantidade remanescente do N (A), P (B), K (C), Ca (D), Mg (E), S (F), C (G) e Si (H) na fitomassa de crotalaria em função do tempo após o manejo, sem (—●—) e com (—□—) fragmentação mecânica. **, * são significativos, respectivamente, a 1% e 5% de probabilidade pelo teste F. Barras verticais são indicativo do valor de DMS a 5% de probabilidade.

A elevada disponibilização de nutrientes pela fitomassa da crotalaria durante todo período de avaliação (91 DAM) forneceram quantidades de N, P e K equivalentes a 312, 165 e 272 kg ha⁻¹, dos fertilizantes ureia, superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente, sem fragmentação. Já a fitomassa que foi fragmentada as quantidades de N, P e K liberadas para o solo equivalem a 347, 199 e 251 kg ha⁻¹ de uréia, superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente.

Em termos percentuais, aos 91 DAM já haviam sido liberados, da fitomassa sem fragmentação 86, 80, 97, 93, 83, 86, 14 e 14% do total de N, P, K, Ca, Mg, S, C e Si acumulados na fitomassa da parte aérea da crotalaria (Figura 4), já da fitomassa que havia recebido fragmentação mecânica 87, 82, 98, 93, 85, 88, 10 e 16%, respectivamente, dos elementos N, P, K, Ca, Mg, S, C e Si haviam sido liberados.

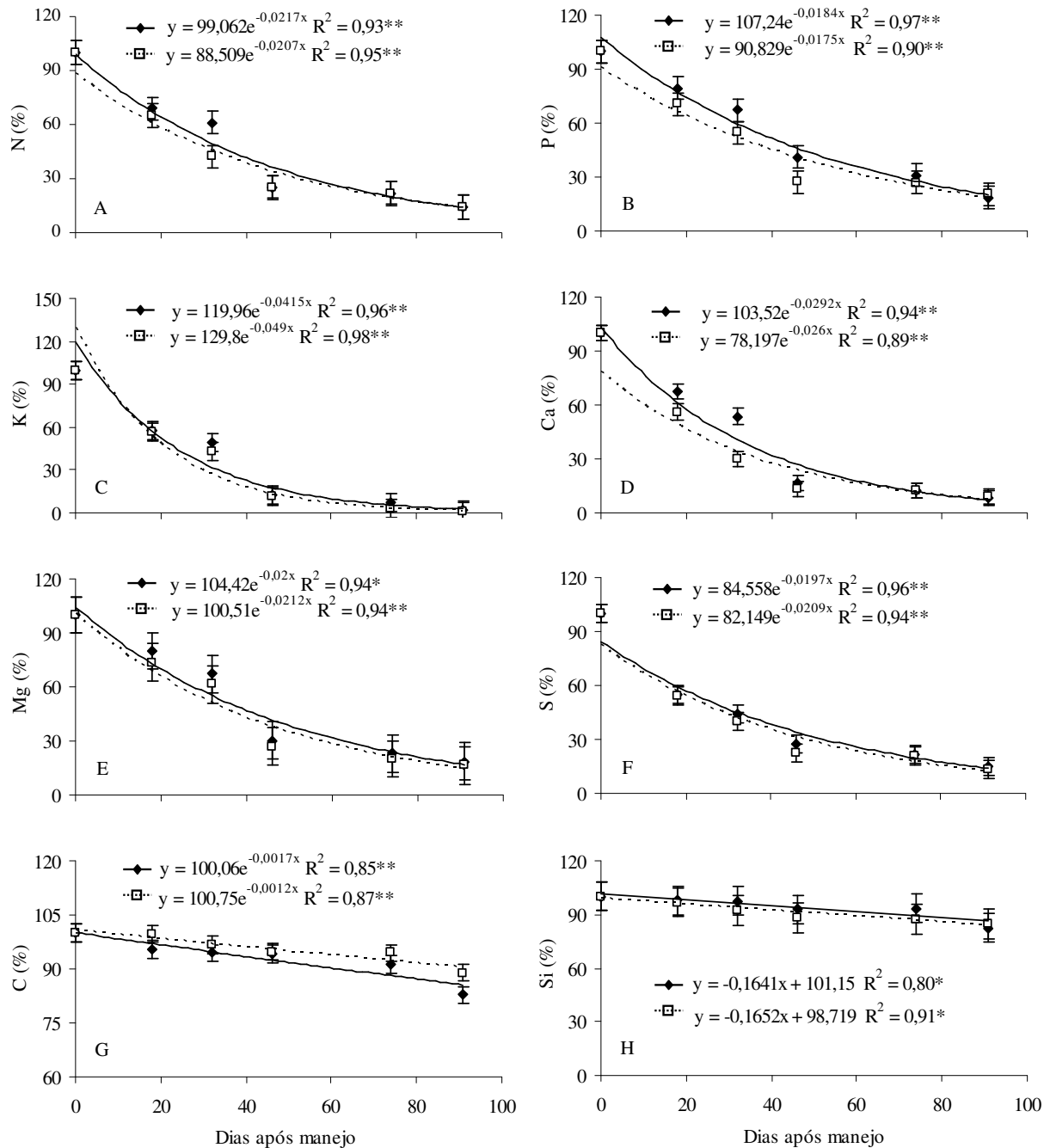


Figura 4. Porcentagem de N (A), P (B), K (C), Ca (D), Mg (E), S (F), C (G) e Si (H) remanescente na fitomassa de crotalaria em função do tempo após o manejo, sem (—●—) e com (---□---) fragmentação mecânica. **, * são significativos, respectivamente, a 1% e 5% de probabilidade pelo teste F. Barras verticais são indicativo do valor de DMS a 5% de probabilidade.

Constata-se que além da grande quantidade acumulada, foram liberadas porções significativas de nutrientes (Figura 4), o que poderia atender as necessidades da cultura sucedânea. Pois, da fitomassa com ausência de fragmentação mecânica 50% das quantidades totais de N, P, K, Ca, Mg e S acumuladas foram liberadas para o solo até 32, 41, 21, 25, 37 e 27 DAM, respectivamente. Enquanto

que, no manejo com fragmentação, as liberações de 50% das quantidades de N, P, K, Ca, Mg e S acumuladas na fitomassa foram aos 28, 34, 19, 17, 33 e 24 DAM, respectivamente. A retenção e a reciclagem de nutrientes por plantas de cobertura e por adubos verdes sempre minimizam os riscos de perdas por lixiviação (AITA et al., 1994).

Quanto ao Si, observou-se grande acúmulo na fitomassa de crotalária, com liberação lenta e gradual, sendo que na última avaliação ainda restava na fitomassa 86 e 84% do Si acumulado, sem e com a fragmentação da mesma, respectivamente (Figuras 3H e 4H). Grande parte do Si absorvido provavelmente foi polimerizado, formando fitólitos, compostos de difícil decomposição.

Verifica-se que a maior velocidade de liberação dos macronutrientes e C ocorreu até os 18

DAM da fitomassa (Figura 5). Portanto, há mais rápida liberação desses elementos na fase logo após o manejo, com redução contínua, e posterior tendência à estabilização em valores próximos a zero. Crusciol et al. (2008) avaliando a taxa de liberação dos nutrientes da aveia preta, observaram maior taxa entre 10 e 20 DAM, para os nutrientes N, K, Ca e Mg.

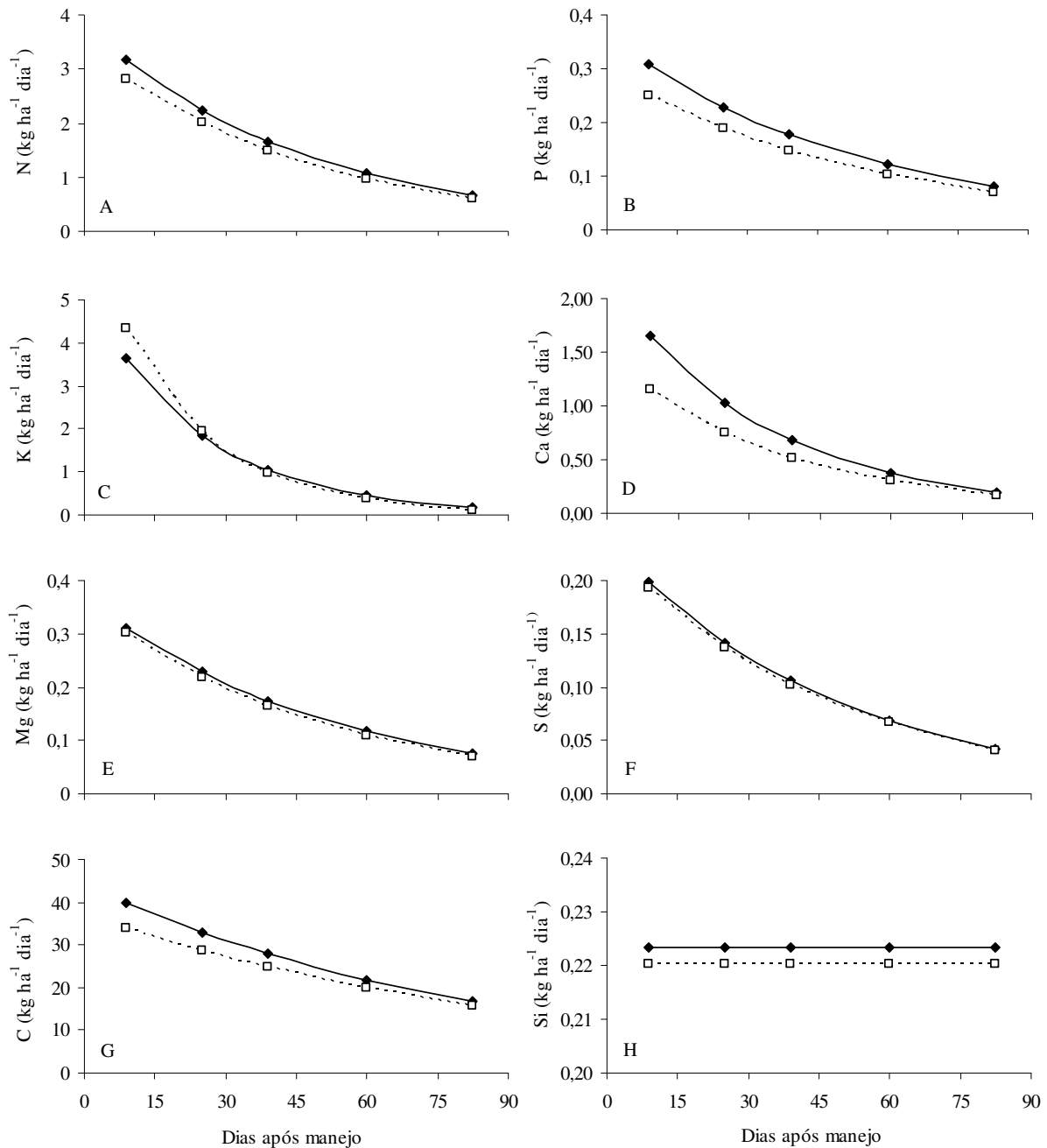


Figura 5. Taxa de liberação diária de N (A), P (B), K (C), Ca (D), Mg (E), S (F), C (G) e Si (H) da fitomassa de crotalária em função do tempo após o manejo, sem (—◆—) e com (---□---) fragmentação mecânica.

Nos primeiros 18 DAM, as taxas diárias de liberação dos elementos N, P, K, Ca, Mg, S e C da fitomassa sem fragmentação atingiram intensidades de 3,18, 0,31, 3,65, 1,65, 0,31, 0,19 e 40 kg ha⁻¹ dia⁻¹, respectivamente. Já na presença da fragmentação mecânica as taxas foram de 2,82, 0,24, 4,33, 1,15, 0,30, 0,19 e 34 kg ha⁻¹ dia⁻¹, respectivamente, para N, P, K, Ca, Mg, S e C. O Si teve liberação constante, com média de 0,22 kg ha⁻¹ dia⁻¹ durante todo o período avaliado, nos dois manejos da fitomassa utilizados (Figura 5H).

A forma, a quantidade e a velocidade com que cada macroelemento foi liberado, independente do tipo de manejo da fitomassa, permitem inferir que, para maximizar o aproveitamento desses nutrientes, a implantação da cultura econômica deve ser realizada após o manejo da planta de cobertura.

CONCLUSÕES

A fragmentação mecânica da palhada da crotalária não alterou a decomposição e a liberação de macronutrientes.

As máximas taxas de liberação diária ocorreram de 0 a 18 DAM.

O K é o nutriente mais rapidamente disponibilizado, enquanto que o Si é o elemento liberado mais lentamente ao solo.

Com o passar do tempo ocorreu aumento do teor de Si na palhada.

AGRADECIMENTOS

À FAPESP, pelo financiamento do projeto. Ao CNPq, pela concessão de bolsa de Produtividade em Pesquisa ao primeiro e terceiro autores.

ABSTRACT: The persistence of straw, as well as the dynamics of nutrients release of it, are important aspects to consider in the choice of plants for composition of crop rotations in a no tillage system. Thus, the objective of this work was to evaluate the decomposition rate and macronutrients and silicon (Si) release from sunn hemp (*Crotalaria juncea* L.) phytomass, as a function of management, with and without fragmentation. A randomized blocks design, with four replications, in a factorial 2x6, constituted by two aboveground phytomass management after 75 days after emergence (with and without mechanical fragmentation) and six sampling times (0, 18, 32, 46, 74 and 91 days after management (DAM)), were evaluated the decomposition rate and nutrient release from sunn hemp biomass. The mechanical fragmentation of sunn hemp straw did not change the decomposition and macronutrients release. The maximum release rates occurred 0-18 DAM. Potassium is the most rapidly available nutrient, while the silicon is more slowly released to the ground. Over time there has been increasing Si content in the straw.

KEYWORDS: *Crotalaria juncea* L., nutrient cycling, decomposition rate, straw management, cover crop.

REFERÊNCIAS

- AMADO, T. J. C. Manejo da palha, dinâmica da matéria orgânica e ciclagem de nutrientes em plantio direto. In: ENCONTRO NACIONAL DE PLANTIO DIRETO NA PALHA, 7., 2000, Foz do Iguaçu. **Anais...** Ponta Grossa: FEBRAPDP, 2000. p. 105-111.
- AITA, C.; BASSO, C. J.; CERETTA, C. A.; GONÇALVES, C. N.; ROS, C. O. Plantas de cobertura do solo como fonte de nitrogênio ao milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, p. 157-165, 2001.
- AITA, C.; GIACOMINI, S. J. Decomposição e liberação de nitrogênio dos resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e consorciadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, p. 601- 612, 2003.
- AITA, C.; CERETTA, C. A.; THOMAS, A. L.; PAVINATO, A.; BAYER, C. Espécies de inverno como fonte de nitrogênio para o milho no sistema de cultivo mínimo e feijão em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 18, p. 101-108, 1994.
- ALVES, A. G. C.; COGO, N. P.; LEVIEN, R. Relações da erosão do solo com a persistência da cobertura vegetal morta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 19, p. 127-132, 1995.

- ANDREOLA, F.; COSTA, L. M.; OLSZEWSKI, N.; JUCKSCH, I. A cobertura vegetal de inverno e a adubação orgânica e, ou, mineral influenciando a sucessão feijão/milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, p. 867-874, 2000.
- 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. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, p. 1269-1276, 2007.
- CAZETTA, D. A.; FORNASIERI FILHO, D.; GIROTTO, F. Composição, produção de matéria seca e cobertura do solo em cultivo exclusivo e consorciado de milho e crotalária. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 4, p. 575-580, 2005.
- CRUSCIOL, C. A. C.; COTTICA, R. L.; LIMA, E. V.; ANDREOTTI, M.; MORO, E.; MARCON, E. Persistência de palhada e liberação de nutrientes do nabo forrageiro no plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, p. 161-168, 2005.
- CRUSCIOL, C. A. C.; MORO, E.; LIMA, E. V.; ANDREOTTI, M. Taxas de decomposição e de liberação de macronutrientes da palhada de aveia preta em plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 67, p. 481-489, 2008.
- CRUSCIOL, C. A. C.; SORATTO, R. P. Nitrogen supply for cover crops and effects on peanut grown in succession under a no-till system. **Agronomy Journal**, Madison, v. 101, p. 40-46, 2009.
- CRUSCIOL, C. A. C.; SORATTO, R. P. Nutrição e produtividade do amendoim em sucessão ao cultivo de plantas de cobertura no sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, p. 1553-1560, 2007.
- ESPÍNDOLA, J. A. A.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L. de; TEIXEIRA, M. G.; URQUIAGA, S. Decomposição e liberação de nutrientes acumulados em leguminosas herbáceas perenes consorciadas com bananeira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, p. 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. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, p. 1421-1428, 2007.
- INOMOTO, M. M.; ANTEDOMÊNICO, S. R.; SANTOS, V. P.; SILVA, R. A.; ALMEIDA, G. C. Avaliação em casa de vegetação do uso de sorgo, milho e crotalária no manejo de *Meloidogyne javanica*. **Tropical Plant Pathology**, Viçosa, v. 33, p. 125-129, 2008.
- KHATOUNIAN, C. A. O manejo da fertilidade em sistemas de produção. In: CASTRO FILHO, C.; MUZILLIO, O. (Ed.). **Uso e manejo dos solos de baixa aptidão agrícola**. Londrina: IAPAR, 1999. p. 179-221. (Circular, 108)
- KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; CAMARGO, M. S. **Silicatos de cálcio e magnésio na agricultura**. Uberlândia: GPSi – ICIAG – UFU, 2002. 23p. (Boletim Técnico).
- MALAVOLTA, E., VITTI, G. C., OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFÓS, 1997. 308p.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1995. 889p.
- MENEZES, L. A. S.; LEANDRO, W. M. Avaliação de espécies de coberturas do solo com potencial de uso em sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 34, p. 173-180, 2004.

- MENEZES, L. A. S.; LEANDRO, W. M.; OLIVEIRA JUNIOR, J. P. de; FERREIRA, A. C. B.; SANTANA, J. das G.; BARROS, R. G. Produção de fitomassa de diferentes espécies, isoladas e consorciadas, com potencial de utilização para cobertura do solo. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 25, p. 7-12, 2009.
- PERIN, A.; GUERRA, J. G. M.; TEIXEIRA, M. G. Cobertura do solo e acumulação de nutrientes pelo amendoim forrageiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, p. 791-796, 2003.
- PINILLA, A. **Estado actual de los estudios de fitolitos en suelos y planta**. Madri, Centro de Ciências Medioambientais. 1997.
- ROSOLEM, C. A.; CALONEGO, J. C.; FOLONI, J. S. S. Lixiviação de potássio da palhada de espécies de cobertura de solo de acordo com a quantidade de chuva aplicada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, p. 355-362, 2003.
- TEDESCO, M. J.; WOLKWEISS, S. J.; BOHNEN, H. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1985. 188p. (Boletim técnico, 5).
- 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. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, p. 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. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, p. 421-428, 2008.
- ZOTARELLI, L. **Balço de nitrogênio na rotação de culturas em sistema de plantio direto e convencional na região de Londrina - PR**. 2000. 134p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.