

## Dinâmica de acúmulo de massa e nutrientes pelo milheto para fins de adubação verde em sistemas de produção sob bases ecológicas

Dynamics of mass accumulation and nutrient by millet for green manure production systems under agroecological agroecosystem

PADOVAN, Milton Parron<sup>1</sup>; MOTTA, Ivo de Sá<sup>2</sup>; CARNEIRO, Leandro Flávio<sup>3</sup>; MOITINHO, Mara Regina<sup>4</sup>; SALOMÃO, Gisele de Brito<sup>5</sup>

1 Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados/MS, Brasil, padovan@cpao.embrapa.br; 2 Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados/MS, Brasil, ivomotta@cpao.embrapa.br; 3 Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Dourados/MS, Brasil, leoflacar@yahoo.com.br; 4 Universidade Estadual de São Paulo, Jaboticabal/SP, Brasil,

---

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho foi avaliar a dinâmica de acumulação de massa e nutrientes do milheto e aferir o estágio mais adequado para manejá-lo, a fim de possibilitar maior aporte de massa e nutrientes ao sistema solo, visando maximizar o seu potencial como adubo verde. O estudo foi desenvolvido em condições de campo em Dourados-MS e em Itaquiraí-MS, ambas as áreas em agroecossistema sob transição agroecológica. O milheto (cultivar BRS 1501) foi semeado de forma direta em Dourados e após preparo do solo através de uma gradagem pesada e uma de nivelamento, em Itaquiraí, ambos sem adubação. As semeaduras foram realizadas no período de outubro a novembro. Os tratamentos foram representados pelas épocas de amostragens realizadas aos 45, 60, 75, 90 e 105 dias após a emergência (DAE) em um delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições. O milheto apresentou elevado acúmulo de biomassa e nutrientes, se mostrando altamente promissor como adubo verde em sistemas de produção sob bases ecológicas. O corte do milheto no estágio de grão pastoso proporcionou maior acúmulo de biomassa e nutrientes em relação ao estágio de florescimento.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Pennisetum glaucum*, adubo verde, transição agroecológica, qualidade do solo, ciclagem de nutrientes.

**ABSTRACT:** The aim of this study was to evaluate the dynamics of accumulation of mass and nutrients of millet and assess the most appropriate stage to manage it in order to enable greater inflow of mass and nutrients to the soil, aiming to maximize their potential as green manure. The study was conducted under field conditions in Dourados-MS and Itaquiraí-MS, both areas in transition under agroecological agroecosystem. Millet (BRS 1501) was sown directly in Dourados and after soil preparation by a disc harrow and a leveling in Itaquiraí, both without fertilization. Sowings were made in the period from October to November. The treatments consisted of different samples collected at 45, 60, 75, 90 and 105 days after emergence (DAE) in a completely randomized design with four replications. Millet showed high accumulation of biomass and nutrients, is showing very promising as green manure production systems under ecological bases. The cut of millet in the dough stage provided greater accumulation of biomass and nutrients in relation to the flowering stage.

**KEY WORDS:** *Pennisetum glaucum*, green manure, agroecological transition, soil quality, nutrient cycling.

## Introdução

Um dos maiores desafios para o manejo racional de sistemas agrícolas é a adoção de técnicas e processos que favoreçam a manutenção e melhoria das características físicas, químicas e biológicas dos solos, aliados à produção de alimentos, fibras e energia. A inclusão de plantas para adubação verde em sistemas agrícolas é fundamental à manutenção e melhoria da qualidade do solo, pois protegem o solo dos agentes erosivos, participam ativamente na ciclagem de nutrientes e adicionam carbono ao solo (BURLE et al., 2006).

O milheto [*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown] é uma opção importante dentre as espécies vegetais para adubação verde. É uma planta anual, forrageira de verão, de clima tropical, hábito ereto, porte alto, podendo atingir até 5 m de altura. Dentre as principais características do milheto, ressalta-se a tolerância à seca, capacidade em adaptar-se a diferentes solos, facilidade de produzir sementes e boa adaptação à mecanização. Essa espécie vem sendo utilizada com maior intensidade, no Cerrado, no período de safrinha (fevereiro a abril) e na primavera (agosto a outubro), como adubo verde e cobertura do solo para plantio direto e outras finalidades, por exemplo, na integração lavoura-pecuária (BURLE et al., 2006).

Os efeitos promovidos pela adubação verde nas propriedades físico-químicas do solo são bastante variáveis, dependendo da espécie utilizada, o manejo dado à biomassa, a época de plantio, o tempo de permanência dos resíduos no solo, as condições locais, a composição bioquímica e a interação entre esses fatores (ALCÂNTARA, 1992). Silva (2002) também ressalta a adequada época de corte dos adubos, sendo manejados, de preferência, após o florescimento e antes da frutificação para garantir a adição de uma boa quantidade de material vegetal ao sistema solo.

Waggoner (1989) avaliou a composição

bioquímica dos resíduos culturais do centeio e ervilhaca peluda, manejados no estágio de pleno florescimento e 15 dias após. Na média das duas espécies, o manejo reduziu em 17% o teor de N total e aumentou em 38% a lignina, em apenas 15 dias. Normalmente, quanto menor o teor de N e maior o de lignina, menor será a taxa de decomposição dos adubos verdes. Portanto, a escolha do momento de manejar os adubos verdes terá reflexos sobre as quantidades remanescentes de resíduos culturais, bem como sobre a velocidade de liberação dos nutrientes.

A taxa de decomposição e liberação de nutrientes é controlada por condições climáticas e pela composição química dos resíduos culturais ou adubos verdes (JENSEN et al., 2005). Estas assumem elevada importância prática para que o agricultor possa planejar as culturas sucessoriais, visando à maximização do aproveitamento dos nutrientes disponibilizados pelo adubo verde. Neste sentido, padovan (2002), em estudo com a soja para fins de adubação verde, verificou que temperatura e umidade promoveram maior influência no processo de decomposição da massa e liberação de nutrientes da soja após o corte, do que aumento dos teores de lignina e polifenóis que eventualmente estejam ocorrendo à medida que avança o ciclo da cultura.

Padovan (2002) observou no período de florescimento da soja, aos 70 dias após a emergência (DAE), acúmulo de massa na parte aérea de 4,89 t ha<sup>-1</sup>, sendo um estágio oportuno da cultura para o manejo (corte), dependendo do objetivo do agricultor. Entretanto, a acumulação máxima pela soja ocorreu na fase em que as vagens já encontravam-se formadas e os grãos em início de formação, aos 100 DAE, atingindo 8,9 t ha<sup>-1</sup>, o que representa um expressivo aporte adicional de biomassa ao sistema solo optando-se pelo manejo mais tardio, porém num estágio da cultura que não oferece nenhum risco de

infestação da área para novos cultivos.

As recomendações vigentes para realizar o manejo de adubos verdes variam desde o início do florescimento até florescimento pleno. Porém, em função da alta taxa de acumulação de matéria seca e nutrientes que acontece no período da formação e enchimento de grãos pode-se viabilizar maior aporte de massa e nutrientes para o sistema solo se o manejo for realizado nesta época, aumentando o potencial da espécie como melhoradora de solo, conforme também foi constatado por Geraldo et al. (2002), num estudo envolvendo o milho, sem comprometer a infestação da área para as culturas em sucessão.

Diante destas considerações, aliado à importância dos adubos verdes em promover aporte de carbono ao solo, ciclagem de nutrientes e a proteção do solo nos sistemas agrícolas predominantes na região tropical, o estágio mais adequado do manejo (corte) dos adubos verdes, pode proporcionar maior aporte de material orgânico ao sistema solo, contribuindo para uma reciclagem mais eficiente de nutrientes e aumento no teor de matéria orgânica do solo.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a dinâmica de acumulação de massa e nutrientes do milho e aferir o estágio mais adequado para manejá-lo, a fim de possibilitar maior aporte de massa e nutrientes ao sistema solo, visando maximizar o seu potencial como adubo verde.

### Material e métodos

O estudo foi desenvolvido em condições de campo em duas ecorregiões de Mato Grosso do Sul, em agroecossistemas sob transição agroecológica. No ano agrícola de 2007/2008, o trabalho foi realizado em Dourados, MS, localizado nas coordenadas geográficas 22°16' S e 54°49' W, com altitude de 408 m, num Latossolo Vermelho distroférico, textura muito argilosa (152, 104 e 744 g kg<sup>-1</sup> de areia, silte e argila, respectivamente). Em 2008/2009, o estudo foi desenvolvido em Itaquiraí,

situado nas coordenadas geográficas 23°028' S e 54°011' W, numa altitude de 340 m, em um Latossolo Vermelho Distrófico Álico (SISTEMA..., 1999), textura arenosa (852, 37 e 111 g kg<sup>-1</sup> de areia, silte e argila, respectivamente).

Nas duas localidades que sediaram a experimentação, o início do período chuvoso normalmente ocorre em outubro, intensificando de dezembro a fevereiro, reduzindo significativamente as precipitações pluviométricas em março e abril. Durante os meses de junho a agosto, a precipitação ocorre, predominantemente, a níveis baixíssimos, enquanto os meses de abril e setembro podem ser considerados como de transição entre o período chuvoso e seco (FIETZ; FISCH, 2008).

O solo nas áreas experimentais, por ocasião da instalação dos experimentos, apresentavam os seguintes valores de alguns atributos químicos na profundidade de 0-20 cm em Dourados e Itaquiraí, respectivamente: pH em água = 5,3 e 5,8; Al<sup>3+</sup> = 0,6 e 0,1 cmolc dm<sup>-3</sup>; Ca<sup>2+</sup> = 2,5 e 1,0 cmolc dm<sup>-3</sup>; Mg<sup>2+</sup> = 1,9 e 0,7 cmolc dm<sup>-3</sup>; K<sup>+</sup> = 0,40 e 0,11 cmolc dm<sup>-3</sup>; P (Mehlick<sup>-1</sup>) = 22,4 e 8,1 mg dm<sup>-3</sup> e M. O. = 28,1 e 10,00 g kg<sup>-1</sup>.

O milho (cultivar BRS 1501) foi semeado de forma direta em Dourados e após preparo do solo através de uma gradagem pesada e uma de nivelamento, em Itaquiraí, ambos sem adubação. As semeaduras foram realizadas no período de outubro a novembro, em linhas espaçadas de 0,45 m, na densidade de 30 a 40 plantas m<sup>-1</sup>, em unidades experimentais de 9,0 m de largura x 25,0 m de comprimento, com quatro repetições, em delineamento experimental de blocos ao acaso. Não houve intervenção durante o ciclo do milho para controle de plantas espontâneas, bem como de insetos-praga e doenças.

Os tratamentos foram representados pelas épocas de amostragens realizadas aos 45, 60, 75, 90 e 105 dias após a emergência (DAE).

Cada amostragem correspondeu a 1 m<sup>2</sup> de

área, fazendo-se o corte rente ao solo da parte aérea do milheto e, na sequência, quantificou-se a massa verde. Em seguida, algumas plantas foram separadas ao acaso, pesadas e levadas à estufa de ventilação forçada à 65 °C, até peso constante, para determinação da massa seca.

Os teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre na biomassa das plantas de milheto foram determinados conforme Malavolta et al. (1997).

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias ajustadas aos modelos de regressão a 5% de probabilidade, através do pacote estatístico SISVAR (FERREIRA, 2000).

### Resultados e discussão

Os resultados apresentados na Figura 1 demonstram, através das equações de regressão ajustadas, que a produção máxima da massa seca do milheto em Dourados e Itaquiraí, foi alcançada aos 91 e 96 DAE e, para a massa fresca aos 89 e 87 DAE, respectivamente. Ressalta-se o elevado acúmulo de massa seca do milheto nas diferentes regiões, alcançando 10 e 9,5 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente em Dourados e Itaquiraí. Entretanto, o milheto encontrava-se no estágio de maturação dos grãos (E9) (MAITI; BIDINGER, 1981), o que pode resultar em infestação do solo com a gramínea, uma vez que as sementes poderão germinar e concorrer por recursos do ambiente (água, nutrientes e radiação solar) com a cultura sucessora.

Assim, o estágio para o manejo dessa gramínea em condições de segurança para fins de adubação verde deve ser até quando os grãos encontrarem-se no estágio pastoso, o que corresponde, segundo Maiti e Bidinger (1981) a E8, atingindo, neste estudo, aos 75 DAE, uma produção de 9,24 t ha<sup>-1</sup> (92% em relação à máxima acumulada) de massa seca em Dourados e 8,81 t ha<sup>-1</sup> (93% em relação à máxima acumulada) em Itaquiraí, e

41,45 a 34,92 t ha<sup>-1</sup> de massa fresca em Dourados e Itaquiraí, respectivamente.

Em estudos realizados em diferentes regiões do Brasil, Moura et al. (2010) observaram em Goiás acúmulo de até 6,0 t ha<sup>-1</sup> de massa seca na parte aérea do milheto; Padovan et al. (2006 e 2007) constataram 6,7 e 7,3 t ha<sup>-1</sup> em Mato Grosso do Sul; Perin et al. (2004) observaram 7,1 t ha<sup>-1</sup> em Minas Gerais e em Tocantins, Santos e Collier (2000) e Silva et al. (2003) constataram 7,6 e 10,9 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente, demonstrando o elevado potencial como adubo verde dessa gramínea. Ressalta-se que a produção mínima nestas regiões foi superior a 6,0 t ha<sup>-1</sup>, a qual segundo Darolt (1998), é a quantidade mínima anual de fitomassa que deve ser adicionada ao sistema solo na região tropical.

No estágio de florescimento – E6 (MAITI; BIDINGER, 1981), correspondendo ao período recomendado atualmente para o manejo visando o uso para adubação verde, o milheto acumulou 7,16 t ha<sup>-1</sup> de massa seca em Dourados e 6,38 t ha<sup>-1</sup> em Itaquiraí, 35,05 e 27,72 t ha<sup>-1</sup> de massa fresca em Dourados e Itaquiraí, respectivamente, observado neste estudo aos 60 DAE.

No entanto, considerando as elevadas taxas de acumulação diária de massa seca do milheto entre o florescimento e o estágio em que os grãos apresentavam-se do estágio leitoso ao pastoso – E7 a E8 (75 DAE), houve acúmulo médio de 138 e 162 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>, respectivamente, em Dourados e Itaquiraí. Assim, retardando o manejo durante quinze dias, ou seja, aos 75 DAE, acrescentou ao sistema solo 2,08 e 2,4 t ha<sup>-1</sup> de massa seca, respectivamente, em Dourados e Itaquiraí, o que é altamente expressivo.

O acúmulo máximo de nutrientes pelo milheto na parte aérea, tanto em Dourados (91 DAE) como em Itaquiraí (96 DAE), foram respectivamente, em kg ha<sup>-1</sup>: N = 114 e 128, P = 24 e 16,5, K = 200 e 170, Mg = 27 e 47,2 e S = 12,6 e 6 (Figura 2).

O material orgânico produzido pelo milheto,

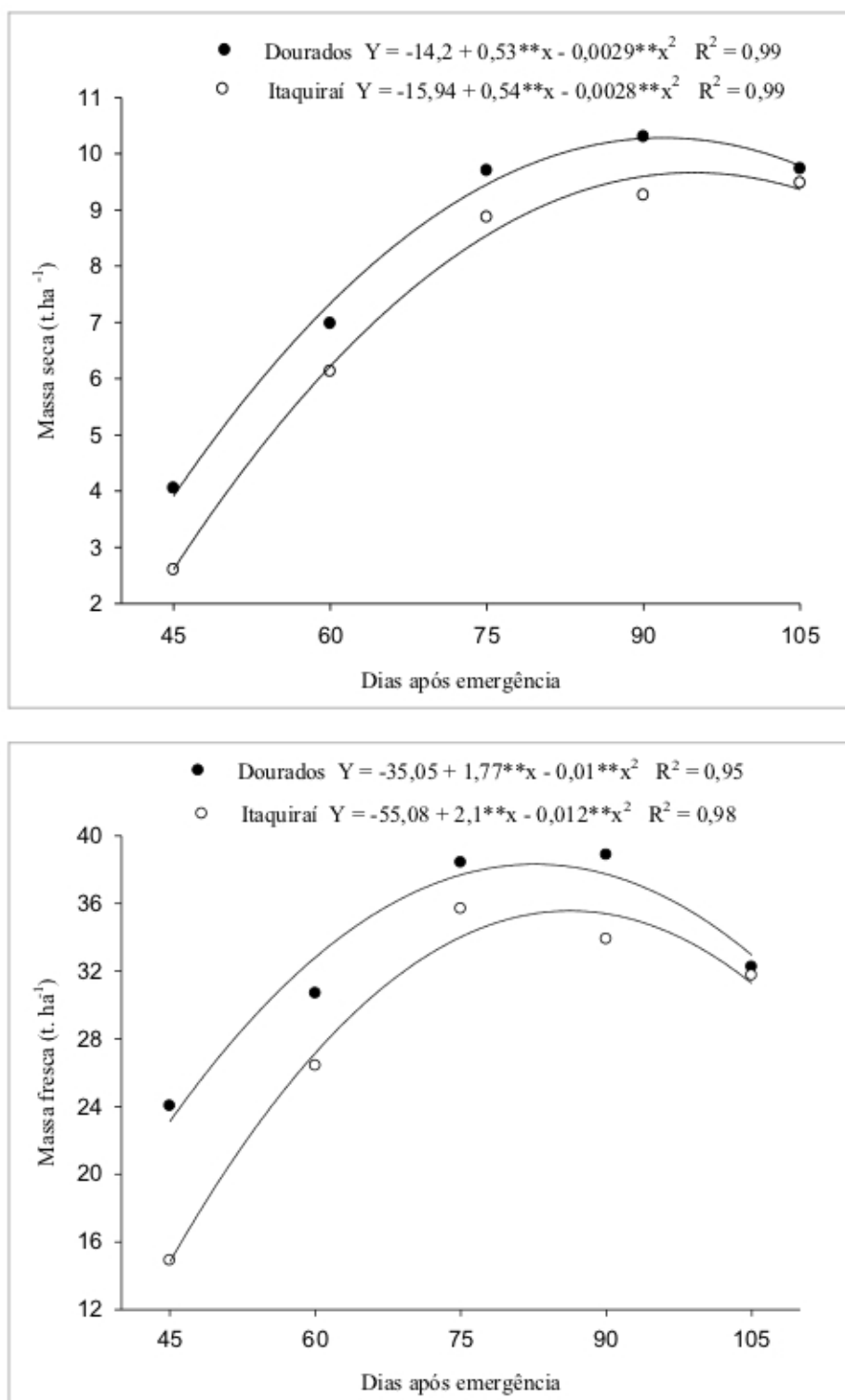


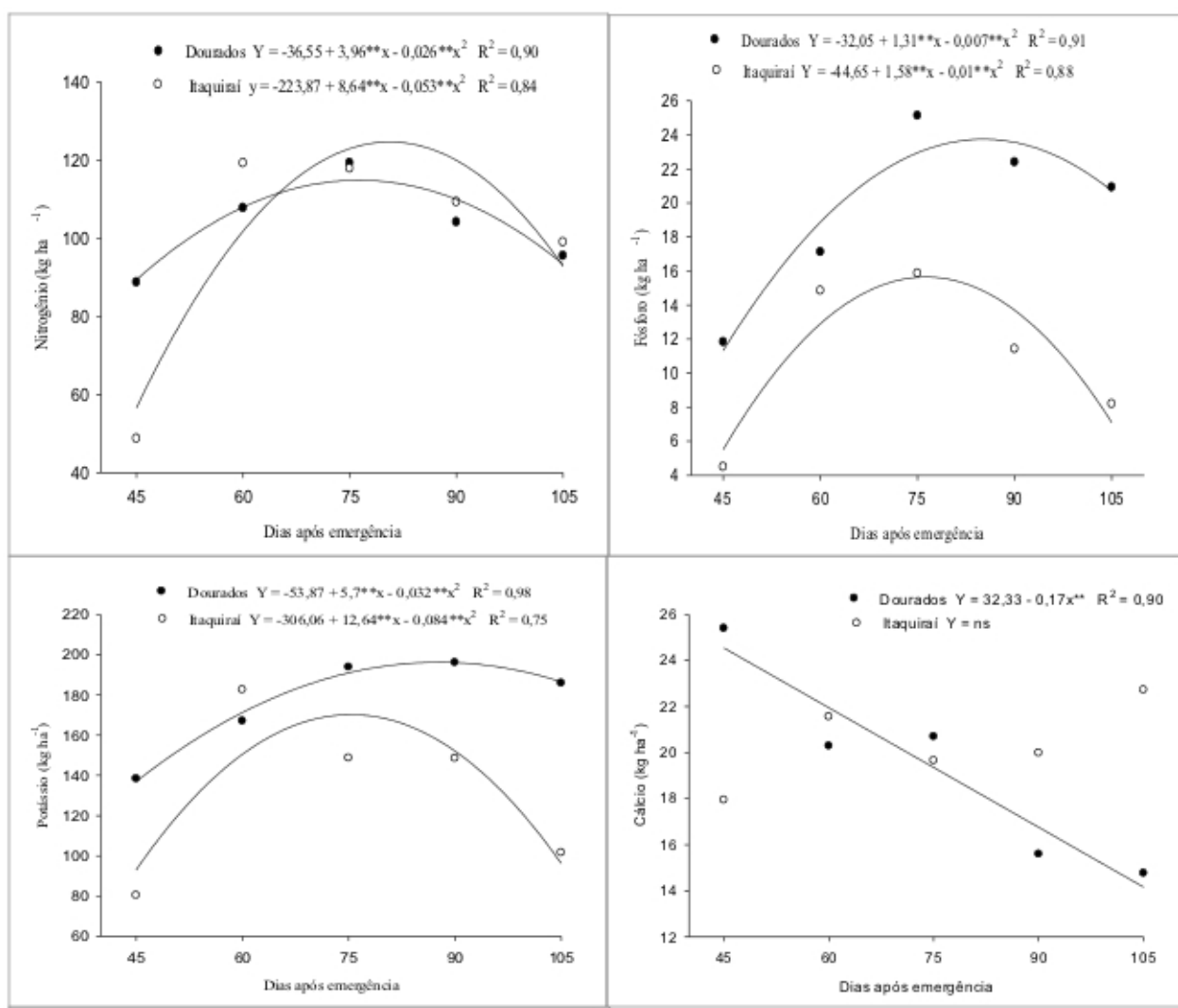
Figura 1: Massa seca e fresca do milheto ao longo do ciclo de cultivo, para fins de adubação verde. Dourados e Itaquiraí, MS, 2007 a 2009.

além de aumentar a capacidade de troca catiônica do solo, a infiltração e a retenção de água no solo, tornando mais favoráveis as condições para o desenvolvimento microbiano no solo, proporciona elevada ciclagem de nutrientes de camadas subsuperficiais, principalmente de N e K, pois são mais móveis no solo e acumulados em maiores quantidades, trazendo-os novamente à superfície do solo onde estarão disponíveis às culturas de interesse econômico, possibilitando a redução do uso de adubos sintéticos (MIYASAKA et al., 1984).

Padovan et al. (2008) avaliaram a capacidade

do milho em acumular nutrientes, num agroecossistema em transição agroecológica, em Itaquirai, MS, observaram acúmulo de 76, 16 e 153 kg ha<sup>-1</sup> de N, P e K, respectivamente, no estágio de início de formação dos grãos.

A literatura tem mostrado em trabalhos envolvendo o cultivo do milho para fins de adubação verde, o momento do manejo (corte) se concentra no período do florescimento (SODRÉ FILHO et al., 2004). Porém, observa-se que do florescimento até o estágio de grãos leitosos a pastosos, ocorre significativo acúmulo de massa e



## Dinâmica de acúmulo de

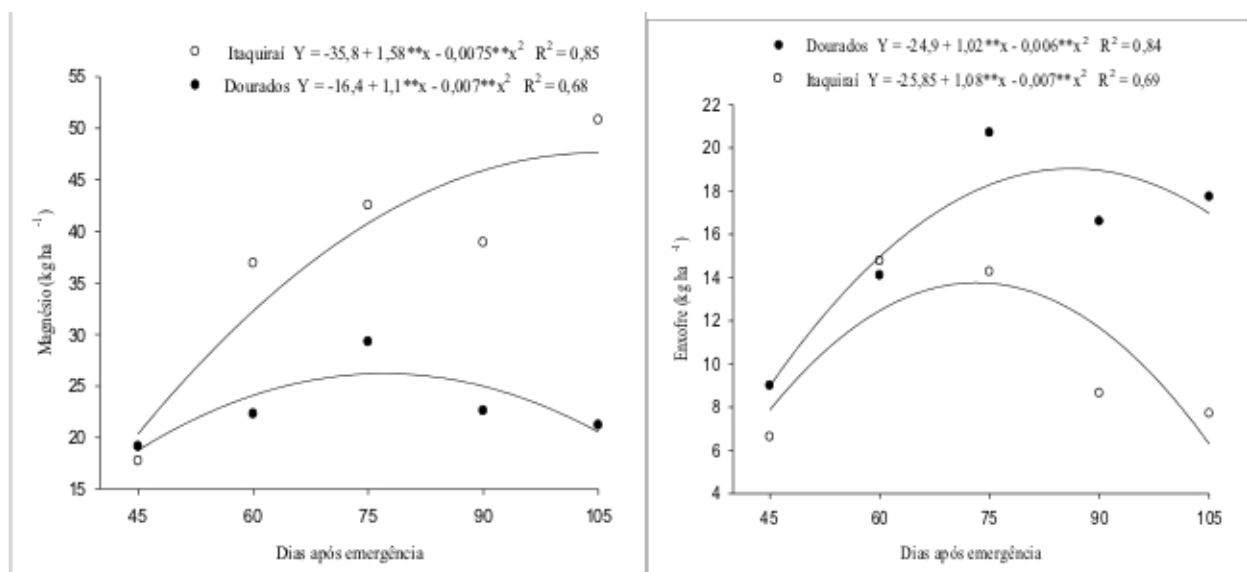


Figura 2: Acúmulo de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre pelo milheto ao longo do ciclo de cultivo, para fins de adubação verde. Dourados e Itaquiraí, MS, 2007 a 2009.

nutrientes na parte aérea das plantas. Observa-se que a produção de massa seca e fresca do milheto foi de 2,07 e 6,3 t ha<sup>-1</sup> e 2,43 e 7,2 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente, Dourados e Itaquiraí no período correspondente ao início do florescimento (60 DAE) até início da formação dos primeiros grãos leitosos (75 DAE). Essa diferença em matéria seca, durante 15 dias, resultou em um acúmulo de N = 6,75, P = 5,48, K = 20,7, Mg = 2,32 e S = 1,46 kg ha<sup>-1</sup> e N = 22,3, P = 3,45, K = 19,5, Mg = 8,55 e S = 1,0 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, em Dourados e Itaquiraí.

Ressalta-se os elevados acúmulos de K e N (Itaquiraí) acumulados pelo milheto em apenas 15 dias, correspondem em torno de 40 kg ha<sup>-1</sup> de cloreto de potássio e 48,8 kg ha<sup>-1</sup> de ureia. Diante destes resultados, pode-se inferir que uma simples mudança no período de manejo (corte) do milheto proporciona incrementos significativos de aporte de massa no solo e maior ciclagem de nutrientes, contribuindo para a redução no aporte de nutrientes via fertilizantes minerais e, conseqüentemente, aumentando a lucratividade do

produtor e redução de impactos ambientais.

Diante destas constatações e, considerando a importância de estabelecer um manejo que favoreça maior aporte de C e melhor ciclagem de nutrientes no sistema solo, e a conseqüente melhoria da qualidade do solo, a mudança no período de manejo do milheto quando a cultura encontrar-se nos estádios de grãos leitosos a pastosos, maximiza o potencial dessa espécie como adubo verde e pode contribuir significativamente para a melhoria da qualidade do solo.

### Conclusões

O milheto apresenta elevado acúmulo de biomassa e nutrientes na parte aérea das plantas, mostrando-se altamente promissor como adubo verde em sistemas de produção sob bases ecológicas.

O momento mais adequado para o manejo do milheto para fins de adubação verde ocorre quando os grãos encontram-se nos estádios leitosos a pastosos, uma vez que a partir do

florescimento continua acumulando expressivas quantidades de massa e a maioria dos macronutrientes, maximizando o seu potencial para promover melhorias nos solos e benefícios a culturas subsequentes.

### Referências Bibliográficas

- ALCANTARA, P. B. et al. **Adubação verde no sul do Brasil**. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1992. 346 p.
- BURLE, M. L. et al. Caracterização das espécies de adubo verde. In: CARVALHO, A. M.; AMABILE, R. F. (ed). **Cerrado: Adubação verde**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006. 369 p.
- DAROLT, M. R. Princípios para implantação e manutenção de sistemas. In: **Plantio direto: pequena propriedade sustentável**. Londrina: Iapar, 1998. p. 16-45 (Circular, 101).
- FERREIRA, D. F. **Sistema de Análise Estatística para dados balanceados - SISVAR**. Lavras, MG: UFLA/DEX, 2000.
- FIETZ, C. R.; FISCH, G. F. **O clima da região de Dourados, MS**. Dourados, MS: Embrapa Agropecuária Oeste, 2008 (Série Documentos, 92).
- GERALDO, J. et al. Fenologia e produção de massa seca e de grãos em cultivares de milho-pérola. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 9, p. 1263-1268, set. 2002.
- JENSEN, L. et al. Influence of biochemical quality on C and N mineralization from a broad variety of plant materials in soil. **Plant and Soil**, v. 273, p. 307-326, 2005.
- MAITI, R. K.; BINDER, F. R. **Growth and development of the pearl millet plant**. Patancheru: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, 1981. 14 p. (Research Bulletin, 6).
- MALAVOLTA, E. et al. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2 ed., Piracicaba: POTAFÓS, 1997. 319 p.
- MIYASAKA, S. et al. Histórico de estudos de adubação verde, leguminosas viáveis e suas características. In: **Adubação verde no Brasil**, Campinas: Fundação Cargill, 1984. p. 64-123.
- MOURA, J. B. et al. Produção de biomassa e capacidade de supressão de plantas invasoras pela cultura do milho em adubação de sistema. **Varia Scientia Agrárias**, Cascavel, v. 1, n. 1, p. 23-30, 2010.
- PADOVAN, M. P. et al. Acúmulo de massa e nutrientes na parte aérea de adubos verdes num sistema sob transição agroecológica em Itaquiraí, MS. **Revista Brasileira de Agroecologia** (online), Cruz Alta, v. 3, suplemento especial, p. 99-102, 2008.
- PADOVAN, M. P. Desempenho da soja, sob manejo orgânico, para produção de grãos e adubação verde. 2002. 88 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.
- PADOVAN, M. P. et al. Efeito do pré-cultivo de adubos verdes no desempenho da cultura do feijoeiro num sistema sob manejo orgânico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA, 2006, **Anais...** Belo Horizonte: EMATER, 2006.
- PADOVAN, M. P. et al. Plantio direto de repolho sobre a palhada de adubos verdes num sistema sob manejo orgânico. **Revista Brasileira de Agroecologia** (online), Cruz Alta, v. 2, n. 2, p. 872-875, 2007.
- PERIN, A.; SANTOS, R. H. S.; URQUIAGA, S.; GUERRA, J. G. M.; CECON, P. R. Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubos verdes em cultivo isolado e consorciado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 1, p. 35-40, 2004.
- SANTOS, A. R.; COLLIER, L. S. Produção de matéria seca de três cultivares de milho em duas épocas de plantio sob níveis de adubação nitrogenada. In: JORNADA ANUAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 7., 2000, Palmas. **Anais...** [Palmas]: UNITINS, 2000. 1 CD-ROM.
- SILVA, F. L. et al. Potencial de restituição de nutrientes através de plantas de cobertura em plantio direto no Tocantins. IN: **CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO**, 29., 2003, Ribeirão Preto. Solo: alicerces dos sistemas de produção. Botucatu: UNESP; Ribeirão Preto: SBSC, 2003. 1 CD ROM.
- SILVA, J. A. A. da; VITTI, G. C.; STUCHI, E. S. Reciclagem e incorporação de nutrientes ao solo pelo cultivo intercalar de adubos verdes em pomar de laranja péra. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 225-230, 2002.
- SODRÉ FILHO, J.; CARDOSO, A. N.; CARMONA, R.; CARVALHO, A. M. Fitomassa e cobertura do solo de culturas de sucessão ao milho na região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária**



Dinâmica de acúmulo de

**Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 4, p. 327-334, abril 2004.

WAGGER, M. G. Time of desiccation effects on plant composition and subsequent nitrogen release from winter annual cover crops. **Agronomy Journal**, Raleigh, v. 81, p. 236-241, 1989.