



Produção de biomassa e acúmulo de nutrientes em plantas de cobertura sob diferentes sistemas de preparo do solo

Production of biomass and nutrient accumulation in plants of coverage under different systems of soil preparation

Fabio Kempim Pittelkow¹, José Fernando Scaramuzza², Oscaralina Lucia dos Santos Weber², Lucas Maraschin³, Franciele Caroline de Assis Valadão⁴, Everton dos Santos Oliveira⁵

¹Fundação de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico Rio Verde, Departamento de Fitotecnia e Nutrição de Plantas, Rodovia MT 449, km 08, CP 159, Lucas do Rio Verde, MT. E-mail: fabiokempim@hotmail.com

²Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Departamento de Solos, Cuiabá, MT.

³Engenheiro Agrônomo, Mestre em Agricultura Tropical, Sorriso, MT

⁴Instituto Federal de Mato Grosso (IFMT), Departamento de Solos, Campo Novo dos Parecis, MT.

⁵Universidade Federal de Mato Grosso, Programa de Pós-graduação em Agricultura Tropical, Cuiabá, MT

Recebido em: 30/06/2011

Aceito em: 12/07/2012

Resumo. O objetivo deste trabalho foi avaliar a produção de biomassa seca e o acúmulo de nutrientes de plantas de cobertura em diferentes sistemas de preparo do solo. O experimento foi instalado após a colheita da soja precoce sobre um Latossolo Vermelho em Sorriso, MT. O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados, no esquema de parcelas subdivididas, com três repetições. As parcelas foram constituídas pelas plantas de cobertura (milheto, crotalária, braquiária, sorgo e amaranto) e as subparcelas pelos sistemas de preparo do solo (sistema de plantio direto, sistema de cultivo mínimo e sistema de preparo convencional). No final do ciclo de cada planta de cobertura realizou-se uma amostragem, para estimar a produção de biomassa e de produção de grãos, através de um quadro amostral de 50 cm de lado, disposto de forma aleatória dentro de cada subparcela. Foram avaliadas as concentrações de macro e micronutrientes nas plantas de cobertura e os acúmulos foram determinados por meio da multiplicação da produção de biomassa seca pelo teor do nutriente. A produção de biomassa seca pelas plantas de cobertura não foi influenciada pelos sistemas de preparo do solo. A braquiária apresentou os maiores acúmulos de macro e micronutrientes e a menor relação C/N. O acúmulo de cálcio é influenciado pelos sistemas de preparo do solo.

Palavras-chave. Sucessão de cultivos, manejo do solo, reciclagem de nutrientes

Abstract. The objective of this study was to evaluate the production of biomass and nutrient accumulation in cover crops in different soil tillage systems. The experiment was installed after the soybean harvest early on an Red Latosol (Oxisol) in Sorriso, MT. The experimental design was randomized blocks in split plots with three replications. The plots were cover crops (*Pennisetum glaucum*, *Crotalaria juncea*, *Brachiaria ruziziensis*, *Sorghum bicolor* and *Amaranthus* spp.) and the subplots of tillage systems (no-tillage, minimum tillage system and conventional tillage). At the end of each cycle cover plants there was a sample for estimating the biomass production and yield, through a sample frame of 50 cm side, disposed randomly within each subplot. We evaluated the concentrations of macro and micronutrients in cover crops and accumulation were determined by multiplying the production of biomass by the nutrient content. The dry biomass production by cover crops was not influenced by tillage systems. *Brachiaria* grass had the greatest accumulations of macro and micronutrients and lower C/N ratio. The accumulation of Calcium is influenced by tillage systems.

Keywords. Succession of crops, soil management, nutrient recycling

Introdução

O sistema de rotação de culturas no Estado de Mato Grosso, se restringe ao uso de milheto,

milho safrinha e sorgo granífero, normalmente após o cultivo de soja e/ou milho como safra principal, que de certa forma atendem os pré-requisitos de



produção de palhada e rendimento de grãos. Entretanto, a introdução de novas espécies no cenário produtivo torna-se interessante do ponto de vista econômico e conservacionista, devido à maior diversificação da produção e aporte de material diferenciado para cobertura do solo.

A busca de alternativas de manejos de menor custo e maior produtividade que possibilitem, pelo menos, a substituição parcial dos fertilizantes químicos deve ser constante (Kliemann et al., 2006, Teixeira et al., 2010). A manutenção da palhada sobre o solo e sua posterior decomposição é uma variável importante para tomada de decisão em programas de adubação de alta precisão, e o conhecimento da quantidade acumulada pelas plantas é fundamental para a compreensão do processo, o que proporcionará melhor eficiência de utilização dos nutrientes pelas culturas subsequentes, reduzindo os impactos negativos ao meio ambiente. Em adição, os resíduos vegetais contêm macro e micronutrientes em formas orgânicas lábeis, que podem se tornar disponíveis para a cultura subsequente, mediante a mineralização, contribuindo para uma redução na adubação química (Calegari, 2004; Carvalho et al., 2004).

De acordo com Amado et al. (2002), a produção de biomassa das espécies utilizadas como cobertura é decorrente das condições climáticas, edáficas e fitossanitárias, e principalmente do seu desenvolvimento radicular em profundidade. A semeadura precoce e a ocorrência de chuvas em abril e maio contribuem para o desenvolvimento das plantas de cobertura, na entressafra (Pacheco et al., 2011). Quanto mais o sistema radicular penetrar no solo, maior será o volume de solo explorado, maior absorção de água e nutrientes, refletindo na maior produção de biomassa, descompactação do solo e a ciclagem de nutrientes das camadas mais profundas para a superfície do solo. Desse modo, o sistema de preparo do solo adotado pode influenciar diretamente no acúmulo de nutrientes na biomassa das plantas de cobertura utilizadas em sucessão.

O milho e a crotalaria normalmente são cultivados até a fase de floração, quando são dessecados, com o uso de herbicidas, e cortado para ser efetuada a semeadura da cultura subsequente. Entretanto, o manejo do milho em outros estádios fenológicos, antecedendo a cultura de verão, ainda é pouco estudado (Carpim et al., 2008). Além do milho, o sorgo também é uma excelente opção

como cultura de cobertura de inverno e produtora de palhada para o sistema plantio direto, em razão da sua resistência às condições de déficit hídrico, com elevada capacidade de aproveitamento da água e produção de matéria seca (Magalhães et al., 2000).

Há carência de informações sobre o acúmulo e o processo de mineralização de nutrientes no sistema de plantio direto com espécies alternativas, adaptadas às condições edafoclimáticas do Cerrado, como o amaranto (Boer et al., 2007). Para a *Brachiaria*, Magalhães et al. (2000) avaliaram as relações entre produção de massa seca e a exportação de nutrientes, em solos sob cerrado com vários anos de utilização, observaram que a produção de matéria seca, os teores de nutrientes da parte aérea e as quantidades exportadas variaram com a quantidade de anos de uso do solo pela forrageira.

A quantidade de nutrientes na biomassa vegetal com elevada relação C/N, com liberação lenta e gradual dos nutrientes ao longo do tempo, poderá reduzir os custos com uso de fertilizantes no próximo cultivo, pela melhor utilização dos nutrientes contidos na biomassa em decomposição. A presença do nutriente na biomassa seca das plantas resulta em menor perda por erosão e lixiviação, do que estando diretamente no solo, assim, conhecer a quantidade acumulada é importante para o manejo desses nutrientes dentro dos ciclos de cultivo. Diante disso, o objetivo deste trabalho foi avaliar a produção de biomassa seca e o acúmulo de nutrientes em plantas de cobertura em função do sistema de preparo do solo.

Material e Métodos

Realizou-se um experimento na Fazenda Pejuçara localizada em Sorriso - MT no período de janeiro a julho de 2009 em um LATOSSOLO VERMELHO Eutrófico típico de textura argilosa, cujos resultados das análises químicas e granulométrica (0 a 0,2 m) foram: pH em água, 6,1; $H^+ + Al^{3+}$, 4,5 $cmol_c dm^{-3}$; Ca^{2+} , 3,8 $cmol_c dm^{-3}$; Mg^{2+} , 1,8 $cmol_c dm^{-3}$; P, 8,6 $mg dm^{-3}$; K, 58,0 $mg dm^{-3}$; V%, 55,9%; MO, 43,3 $g kg^{-1}$; areia, 216 $g kg^{-1}$; silte, 150 $g kg^{-1}$ e argila, 634 $g kg^{-1}$, conforme EMBRAPA (1997). O clima da região é subtropical úmido, tipo Cfa 2, conforme classificação de Köppen. A média de temperatura máxima, média e mínima no período de janeiro a julho foi de 34,0, 25,1 e 17,1°C, respectivamente. A precipitação ocorrida no período é apresentada na Figura 1.

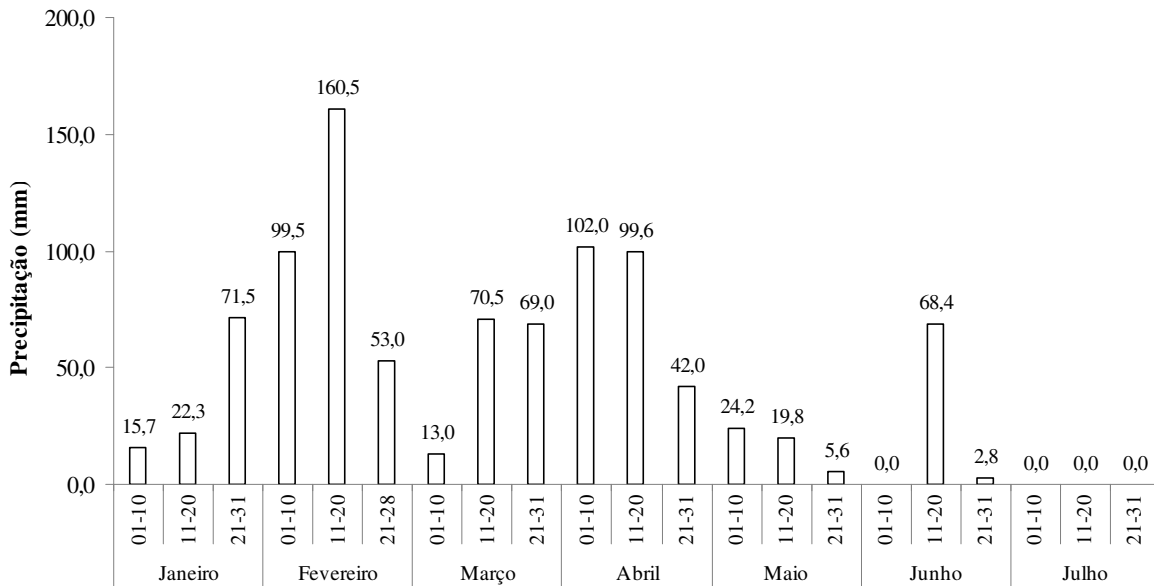


Figura 1. Precipitação ocorrida nos decêndios compreendidos entre os meses de janeiro a julho de 2009 em Sorriso, MT.* dados obtidos em estação de aquisição automática de dados, instalada a 14 km do local do experimento em uma empresa particular.

A área de implantação do experimento tem 14 anos de cultivo, tendo a soja como cultura principal no verão. Na safra de 2004 foi adotado o sistema de plantio direto na área onde foi instalado o experimento em 16 de fevereiro de 2009, logo após a colheita da soja precoce. Na safra de 2008 foi realizada uma aplicação de calcário dolomítico com PRNT de 70% na dosagem de 1.200 kg ha⁻¹, distribuídos a lanço em superfície. Previamente a instalação do ensaio, foi avaliado a quantidade de resíduo vegetal na superfície do solo, através da demarcação de uma área útil de 1 m² de forma aleatória em 6 pontos dentro da área experimental. Os resíduos foram coletados e secos em estufa, sendo os resultados extrapolados para unidade de área, obtendo-se uma média de 3.000 kg ha⁻¹ de resíduos da colheita da soja.

Os tratamentos foram dispostos em delineamento em blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas, com três repetições. As parcelas foram constituídas pelas plantas de cobertura e as subparcelas, pelos sistemas de preparo do solo. As parcelas totalizaram uma área de 105 m² (5 x 21 m) e as subparcelas 35 m² (5 x 7 m) espaçadas por 7 metros entre si. As espécies utilizadas foram o milheto ADR300 (*Pennisetum glaucum*), crotalária júncea (*Crotalaria juncea* L.), braquiária (*Brachiaria ruziziensis*), sorgo granífero

AG1040 (*Sorghum bicolor* L. Moench) e amaranto BRS Alegria (*Amaranthus* spp).

Os sistemas de preparo do solo empregados foram o sistema de plantio direto - SPD (sem revolvimento), sistema de cultivo mínimo - SCM (preparo com escarificador) e sistema de preparo convencional - SPC (preparo com grade aradora + grade niveladora). O preparo convencional do solo foi realizado com duas gradagens, seguida de uma passagem da niveladora. O escarificador foi regulado de modo que as hastes atingissem 0,25 m de profundidade, sendo realizado somente uma passagem do implemento na área, previamente determinada.

A semeadura das culturas foi realizada a lanço na densidade de semeadura de 9, 15, 15, 20 e 8 kg ha⁻¹ de braquiária, milheto, sorgo, crotalária e amaranto, respectivamente, no dia seguinte ao preparo do solo. Após a alocação dos tratamentos e para enterrio das sementes foi utilizado uma grade niveladora com os discos totalmente fechados para o mínimo revolvimento do solo. Todas as espécies foram semeadas sem aplicação prévia de fósforo, potássio e nitrogênio. Foram realizadas duas aplicações do inseticida Profenofós® na dose de 150 mL ha⁻¹ do produto comercial, aplicado aos 25 e 35 dias após o plantio, para controle de *Diabrotica speciosa*.



A colheita de grãos e de biomassa vegetal acumulada do amaranto, do milheto, do sorgo e da crotalária foi realizada aos 105, 120, 120 e 154 dias após plantio (DAP), respectivamente. No momento do corte, foram retiradas três amostras através de um quadro amostral de 50 cm de lado, disposto de forma aleatória dentro de cada subparcela, e toda a parte aérea das plantas foram cortadas a 5 cm do solo, sendo realizado a separação de grãos/biomassa vegetal, e embaladas em sacos de papel. A biomassa vegetal foi colocada em estufa de ventilação forçada a 65°C, até massa constante, sendo posteriormente pesada. Os grãos foram pesados após a separação da biomassa vegetal, sendo ajustada para 13% de umidade em base úmida. O rendimento de grãos da braquiária não foi avaliado. Os resultados foram extrapolados em quilogramas de biomassa seca e rendimento de grãos por unidade de área.

A biomassa vegetal após pesada foi moída em moinho do tipo Willey (peneira com malha de 0,33 mm) para as determinações em laboratório. O carbono foi determinado pelo método Yeomans & Bremner (1988) modificado. O nitrogênio, após digestão sulfúrica, foi determinado pelo método de Kjeldahl. As concentrações de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), cobre (Cu),

manganês (Mn), zinco (Zn) e ferro (Fe) das plantas foram determinadas de acordo com Malavolta et al. (1997). Os acúmulos de macro e micronutrientes foram determinados por meio da multiplicação da produção de biomassa seca pelo teor de nutrientes de cada planta de cobertura.

Os resultados foram submetidos à análise de variância e em caso de Teste F significativo, procedeu-se às comparações de médias pelo Teste de Tukey a 5%, utilizando-se o programa estatístico SISVAR 4.3 (Ferreira, 2000).

Resultados e Discussão

Para a produtividade de biomassa seca (BMS), N acumulado e relação C/N não houve interação entre os fatores testados, havendo somente diferenças entre as plantas de cobertura (Tabela 1). A crotalária e a braquiária tiveram maior produção de biomassa seca em relação às demais plantas de cobertura. A elevada produção pela de biomassa da crotalária se deve a maior participação do componente colmo, pois no momento da colheita havia a presença de uma pequena quantidade de folhas, o que resultou em elevada relação C/N da mesma.

Tabela 1. Produção de biomassa seca (BMS), N acumulado e relação C/N das plantas de cobertura em sucessão a soja em Sorriso - MT, 2009

Planta de cobertura	BMS		N acumulado		Relação C/N	
	kg ha ⁻¹					
Crotalária	8.855,7	A	116,0	B	39	AB
Amaranto	3.321,3	C	40,6	C	23	BC
Braquiária	10.861,3	A	169,0	A	21	C
Milheto	4.621,7	BC	65,4	C	31	BC
Sorgo	6.202,8	B	60,7	C	47	A
CV (%)	11,1		17,0		10,9	

*Médias seguidas das mesmas letras maiúsculas na coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey. CV (%): Coeficiente de variação.

Boer et al. (2008) em trabalho realizado na região Centro-Oeste com o milheto ADR500 obteve produção de 10.801 kg ha⁻¹ de biomassa seca, produção maior do que a obtida neste trabalho. Já a produtividade de biomassa seca do amaranto foi maior neste trabalho em comparação com os resultados encontrados por Boer et al. (2008), Assis et al. (2005) e Erasmo et al. (2004), que obtiveram 2.891, 2.565 e 2.720 kg ha⁻¹, respectivamente, por ocasião do florescimento, tendo em vista que o amaranto continua acumulando massa seca após o florescimento.

Em trabalho realizado por Sodré Filho et al. (2004) com crotalária e milheto no sistema de plantio direto e sistema convencional, verificaram maiores produtividades de biomassa seca destas plantas quando cultivadas no sistema de plantio direto, sendo a diferença de produtividade atribuída as condições climáticas, de solo e com as cultivares utilizadas. Segundo Suzuki & Alves (2006) a produção de biomassa pelas plantas de cobertura é diferente entre os sistemas de semeadura convencional e direta, e em sucessão a soja em semeadura direta, tem-se a menor quantidade de



massa verde e seca. O acúmulo de resíduos sucessivos de safras e entressafras não permite que o solo permaneça descoberto neste sistema, além de retornar ao solo uma considerável quantidade de nutrientes, dificultando desta forma, a obtenção de resultados precisos dos prováveis benefícios do emprego de uma espécie de cobertura em um pequeno espaço de tempo e de repetição em um ambiente tão diversificado como o solo. A braquiária e a crotalária foram as espécies que proporcionaram as maiores produções de biomassa seca, estando próximas à quantidade requerida para que se obtenha uma eficiente proteção do solo, estimada em 11.000 a 12.000 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de resíduos por Bayer (1996), devido à alta taxa de decomposição que ocorre em regiões tropicais.

Com relação ao acúmulo de N na biomassa seca, a braquiária teve o maior acúmulo em relação às demais plantas de cobertura (Tabela 1). Esperava-se maior acúmulo deste nutriente pela crotalária, entretanto, as plantas permaneceram no campo até a colheita de grãos, quando já havia ocorrido a queda natural de grande parte das folhas, e o N foi em parte realocado para a produção de grãos. O amaranto, o milho e o sorgo tiveram as menores produções de biomassa e conseqüentemente menores acúmulos de N na biomassa seca em relação a braquiária.

O acúmulo de N no milho foi maior que o encontrado por Torres et al. (2005), que obtiveram, com 3.600 kg ha⁻¹ de biomassa seca, 55,8 kg ha⁻¹ de N. Boer et al. (2007) em trabalho realizado nas condições de Cerrado com o amaranto e o milho manejados no florescimento, obtiveram produção de biomassa de 2.891 e 10.801 kg ha⁻¹ de biomassa seca e acúmulo de 49 e 121 kg ha⁻¹ de N, respectivamente. Carvalho et al. (2008) obteve acúmulos de 41 e 20 kg ha⁻¹ de N, respectivamente, para crotalária e milho em Planaltina-DF.

A relação C/N entre as espécies vegetais estudadas, sendo que o sorgo teve a maior relação C/N em comparação com as demais plantas de cobertura (Tabela 1). A braquiária teve menor relação C/N, não diferindo do amaranto e milho, entretanto, como um indicativo da qualidade de palhada produzida pela braquiária, podemos inferir que mesmo produzindo maior quantidade de biomassa seca (10.801 kg ha⁻¹), esta será mais rapidamente decomposta, expondo o solo mais rapidamente as ações erosivas, entretanto, os nutrientes presentes podem ser liberados mais rapidamente para cultivos subseqüentes, maximizando desta forma a utilização destes dentro

do sistema de cultivo ao longo do ano com menores perdas por lixiviação e erosão superficial. Segundo Torres et al. (2008) a braquiária possui a maior taxa de decomposição, mesmo quando a relação C/N está próxima de 20. Boer et al. (2007) obteve relação C/N de 21 e 34, respectivamente, para amaranto e milho. Em trabalho realizado com diferentes plantas de cobertura, Torres et al. (2005) verificaram relação C/N de 21, 24, 11 e 16 para milho, sorgo, crotalária e braquiária, respectivamente, com plantio realizado em agosto e amostragem realizada aos 110 DAP em Uberaba-MG.

Não houve interação significativa entre os fatores testados para o acúmulo de fósforo, potássio e magnésio na BMS, sendo observadas somente diferenças entre as plantas de cobertura (Tabela 2). Embora a braquiária e a crotalária tenham originado valores estatisticamente iguais para a variável produção de biomassa, o mesmo não ocorreu quando avaliamos o acúmulo de P, onde a braquiária acumulou maior quantidade deste nutriente na biomassa seca em relação às demais plantas de cobertura. A crotalária apesar do grande acúmulo de biomassa, não diferiu do milho quanto ao acúmulo de P, evidenciando uma maior eficiência em relação a leguminosa em estudo. Boer et al. (2007) obteve em trabalho realizado em condições de Cerrado um acúmulo de 7,6 e 17,2 kg ha⁻¹ de P na biomassa seca de amaranto e milho, respectivamente, com manejo em pelo florescimento. Já Torres et al. (2008) verificaram acúmulo de 22, 13, 11 e 13 kg ha⁻¹ de P na BMS de milho, de sorgo, de crotalária e de braquiária, respectivamente, quando avaliadas aos 110 DAP e plantio realizado no mês de agosto. O mesmo autor, no ano seguinte, realizou o plantio em abril (safrinha) das mesmas plantas de cobertura do estudo anterior, realizando novamente a avaliação aos 110 DAP, verificou-se uma redução de 6,0 para 2,1 t ha⁻¹ de biomassa seca de braquiária, resultante da baixa precipitação ocorrida naquele ano agrícola.

O acúmulo de P na biomassa seca do milho neste trabalho foi menor que os obtidos por Oliveira et al. (2002), 100 dias após o plantio, e Moraes (2001) no florescimento que obtiveram 24,8 e 23,1 kg ha⁻¹ de P em 14.180 e 9.630 kg ha⁻¹ de biomassa seca do milho. A produção de biomassa seca e o acúmulo de P pelo milho neste trabalho foram menores em comparação aos trabalhos citados, em virtude da colheita ter sido realizada 120 DAP, com o grão formado. A semeadura precoce e a ocorrência de chuvas em abril e maio contribuíram para o desenvolvimento das plantas de cobertura na



entressafra e propiciou maior produção de fitomassa seca e acúmulo de N, P e K no milho em Rio Verde e Santo Antônio e Goiás, GO (Pacheco et al., 2011). De acordo com Pereira et al. (2010), áreas sob plantio direto com uso de plantas de cobertura

do solo, o aumento nos teores de matéria orgânica leve pode reduzir a adsorção de fósforo ao solo, que é um dos grandes problemas com adubação fosfatada nos solos do Cerrado.

Tabela 2. Acúmulo de fósforo, potássio e magnésio em plantas de cobertura semeadas em sucessão a soja em Sorriso - MT, 2009

Planta de cobertura	Fósforo (P)		Potássio (K)		Magnésio (Mg)	
	kg ha ⁻¹					
Crotalária	15,5	BC	150,6	B	71,2	A
Amaranto	7,1	C	144,5	BC	25,9	C
Braquiária	44,4	A	353,2	A	77,4	A
Milho	15,9	BC	108,9	BC	33,1	C
Sorgo	8,7	C	97,1	C	50,0	B
CV (%)	22,0		13,0		11,1	

*Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey. CV (%) – Coeficiente de variação.

A braquiária teve o maior acúmulo de K na biomassa seca em relação as demais plantas de cobertura (Tabela 2), aproximadamente 42% superior em relação a crotalária e ao amaranto e 28% em relação ao milho e ao sorgo. Boer et al. (2007) verificaram acúmulo de 140 e 416 kg ha⁻¹ de K na BMS de amaranto e milho ADR500 aos 55 DAP. Os valores encontrados por estes autores não diferem quanto ao amaranto neste estudo, entretanto, os maiores valores encontrados no milho podem ser explicados pela espécie utilizada e pela época de manejo terem sido diferentes entre os estudos. Torres & Pereira (2008) avaliando o acúmulo de K na BMS de milho, sorgo, crotalária e braquiária aos 110 DAP em Uberaba-MG, obteve 219, 104, 59 e 215 kg ha⁻¹ de K, respectivamente. Apesar do K apresentar um grande acúmulo em plantas de cobertura, o mesmo possui rápida liberação devido ao fato de não estar associado a nenhum componente estrutural da célula (Torres et al., 2005). A liberação acentuada de K para o solo confirma a alta reciclagem desse nutriente pelas gramíneas, podendo favorecer o próximo cultivo no processo de rotações e sucessões de culturas (Teixeira et al., 2012). Deste modo, o nutriente pode acabar sendo pouco aproveitado pelo cultivo seguinte, devido a sua liberação ocorrer antes do período de maior necessidade deste nutriente pela soja, cultivada na safra seguinte, e pelas chuvas que se iniciam nos meses de setembro e outubro nesta região.

A braquiária e a crotalária tiveram o maior acúmulo de Mg em relação as demais plantas de cobertura (Tabela 2), devido principalmente a maior produção de BMS por estas plantas. O amaranto e o milho tiveram menor acúmulo de Mg em relação ao sorgo, embora, o milho não tenha diferido do sorgo quanto a produção de BMS. O acúmulo de Mg no milho foi maior que os obtidos por Teixeira et al. (2005) e Moraes (2001), porém menores que os obtidos por Oliveira et al. (2002).

Verificou-se interação significativa entre os fatores testados para o acúmulo de cálcio (Ca) na BMS (Tabela 3). Avaliando o efeito de cada planta de cobertura dentro dos sistemas de preparo, verifica-se que a crotalária, o amaranto e o sorgo apresentaram os maiores acúmulos deste nutriente quando cultivadas no SPD e a braquiária quando cultivada no SPC. O milho não diferiu entre os sistemas de preparo de solo. Entre os sistemas de preparo de solo, no SCM a crotalária teve o maior acúmulo de Ca em relação às demais plantas de cobertura. Quando cultivadas no SPC, verificou-se maior acúmulo pela crotalária e pela braquiária, não diferindo do sorgo. Já no SPD o amaranto, a braquiária e o milho acumularam as menores quantidades de Ca na BMS em relação à crotalária e ao sorgo.

Desta forma, o não revolvimento do solo e a constante cobertura do mesmo acarretam em melhorias na fertilidade e nos atributos físicos do solo mediante a atividade do sistema radicular ser

diferenciada entre os cultivos sequenciais. Dessa forma há melhores condições para as plantas se desenvolverem e expressar seu potencial, culminando em maiores valores de Ca no SPD para a crotalária e o sorgo. Em contrapartida, o revolvimento do solo através do SPC favoreceu o maior desenvolvimento do sistema radicular da braquiária, culminando em maior exploração do solo e maiores valores de Ca acumulado. O milho apresentou-se indiferente aos sistemas de preparo do solo, desta forma, podemos afirmar que seu sistema radicular consegue explorar diferentes condições de

solo sob sistemas de preparo distintos e expressar o seu potencial da mesma forma.

O cálcio está presente em constituintes estruturais da célula, como a parede celular, e é cofator de algumas enzimas envolvidas na respiração das plantas, o que dificulta sua mineralização e liberação ao solo (Bôer et al., 2007). Como consequência, tem-se um grande acúmulo deste nutriente em plantas que apresentam um colmo mais lignificado na maturação, como a crotalária.

Tabela 3. Acúmulo de cálcio na biomassa seca das plantas de cobertura em função dos sistemas de cultivo mínimo (SCM), sistema de preparo convencional (SPC) e sistema de plantio direto (SPD) em sucessão a soja em Sorriso - MT, 2009

Plantas de cobertura	Cálcio (kg ha ⁻¹)		
	Sistemas de preparo do solo		
	SCM	SPC	SPD
Crotalária	174,2 bA	215,1 bA	427,4 aA
Amaranto	94,9 abAB	31,3 bB	150,1 aB
Braquiária	81,9 bAB	226,5 aA	91,8 bB
Milho	54,8 aB	82,2 aB	71,9 aB
Sorgo	111,7 bAB	117,5 bAB	457,0 aA

*Médias seguidas das mesmas letras, minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey. O coeficiente de variação foi de 18% para a interação dos fatores.

Para o acúmulo de micronutrientes nas plantas de cobertura não foi verificado efeito dos diferentes sistemas de preparo do solo, havendo somente diferenças entre as espécies utilizadas. A braquiária teve o maior acúmulo em relação às demais plantas de cobertura, independentemente do micronutriente avaliado (Tabela 4). A braquiária produz um volume elevado de raízes finas que exploram o solo tanto horizontalmente quanto verticalmente em um curto período de tempo com constante renovação do sistema radicular. A rizodeposição, liberação de compostos de carbono, a partir de células do córtex e da epiderme, resulta na proliferação de microrganismos dentro da raiz, sobre a raiz e ao redor da raiz, conferido à rizosfera, zona de influência das raízes, características químicas, físicas e biológicas diferentes das do solo livre de raízes (Marriel et al., 2005). Os processos radiculares influenciam a química da rizosfera, a aquisição de nutrientes e as interações com organismos benéficos e patogênicos. Lanna et al. (2010) avaliando capim-mombaça, verificou um sistema radicular abundante e com elevada

rizodeposição, características que auxiliam ativamente na estabilidade dos macroagregados (atributo físico do solo), e também apresenta forte relação com a produção e decomposição dos restos culturais.

São poucos os trabalhos na literatura que quantificam os micronutrientes presentes nas plantas de cobertura, no geral, é dado mais ênfase no acúmulo dos macronutrientes, principalmente, o nitrogênio e o fósforo. Cazetta et al. (2005) avaliando os teores de zinco em crotalária e milho verificaram maior teor deste nutriente nas plantas de milho. Já Teixeira et al. (2008) ao avaliar o milho aos 119 DAP o acúmulo foi de 27, 280, 289 e 1.621 g ha⁻¹ de Cu, Zn, Mn e Fe, respectivamente, para uma produção de BMS de 2.907 kg ha⁻¹. Em trabalho realizado por Oliveira et al. (2002) verificaram acúmulos de 292, 70, 1.871 e 1.409 g ha⁻¹ de Zn, Cu, Fe e Mn, respectivamente, no milho e de 279, 102, 1.425 e 922 g ha⁻¹ de Zn, Cu, Fe e Mn, respectivamente, no sorgo quando avaliados aos 100 DAP em Lavras, MG.

Tabela 4. Acúmulo de micronutrientes na biomassa seca das plantas de cobertura em sucessão a soja em Sorriso - MT, 2009

Planta de cobertura	Cobre (Cu)		Manganês (Mn)		Ferro (Fe)		Zinco (Zn)	
	g ha ⁻¹							
Crotalária	45,4	B	158,8	BC	1.172,0	B	183,0	B
Amaranto	26,1	C	109,1	C	326,0	C	207,0	B
Braquiária	69,8	A	257,0	A	2.823,4	A	358,1	A
Milheto	37,1	BC	200,1	AB	739,4	BC	171,0	B
Sorgo	50,9	AB	129,1	BC	1.194,3	B	177,5	B
CV (%)	13,8		17,2		19,9		11,3	

*Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem entre si a 1% de probabilidade pelo Teste de Tukey. CV (%) – Coeficiente de variação.

Em relação ao rendimento de grãos foi verificado maior rendimento de grãos para o sorgo no SPD. O milho, a crotalária e o amaranto não diferiram entre os sistemas de preparo do solo (Tabela 5). O rendimento de grãos obtido neste trabalho pode ser considerado bom, pois não foi realizada nenhuma aplicação de fertilizantes no

plântio e em cobertura, deste modo, as plantas de cobertura foram eficientes em aproveitar os nutrientes contidos no sistema resultante de cultivos anteriores, mantendo o nutriente em um ciclo com menores possibilidades de perdas por agentes abióticos.

Tabela 5. Rendimento de grãos das plantas de cobertura em função dos sistemas de cultivo mínimo (SCM), sistema de preparo convencional (SPC) e sistema de plantio direto (SPD) em sucessão a soja em Sorriso – MT, 2009

Planta de cobertura	Rendimento de grãos (kg ha ⁻¹)		
	SCM	SPC	SPD
Crotalária	1633,0 a	1791,3 a	1796,0 a
Amaranto	1032,3 a	947,6 a	801,0 a
Milheto	2402,3 a	2869,3 a	2800,6 a
Sorgo	3372,0 b	3020,0 b	5981,3 a

*Médias seguidas de letras iguais nas linhas não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey.

Dourado et al. (2001) trabalhando com *Crotalaria juncea* submetida a poda e diferentes níveis de adubação fosfatada não verificou efeito das variáveis analisadas sobre a produção de grãos. Os mesmos autores obtiveram rendimento de grãos da crotalária de 610 kg ha⁻¹, valores estes menores do que os obtidos neste trabalho, independente do sistema de preparo do solo em que foi cultivada. Spehar et al. (2003), em trabalho realizado com amaranto cultivar BRS Alegria cultivado em safrinha após o cultivo da soja em Goiás, obteve rendimento de grãos de 2.000 kg ha⁻¹, com aplicação de 60 e 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e K₂O, respectivamente. A introdução de novas espécies de plantas de cobertura na região do Cerrado, com elevada produção de biomassa seca no momento da colheita de grãos, aliada ao alto rendimento de grãos em safrinha deve ser constante, buscando desta forma,

maior diversificação da produção de grãos e maior aporte de nutrientes através da reciclagem biológica pelas plantas de cobertura.

Conclusões

A produção de biomassa seca pelas plantas de cobertura não foi influenciada pelos sistemas de preparo do solo.

Para as condições do presente estudo, a braquiária apresentou os maiores acúmulos de macro e micronutrientes e a menor relação C/N.

O acúmulo de cálcio é influenciado pelos sistemas de preparo de solo.

Agradecimentos

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudos que tornou possível a realização deste trabalho.



Referências

- 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 no solo, sob sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26, p.241-248, 2002.
- ASSIS, R.L.; MACEDO, R.S.; PIRES, F.R.; BRAZ, A.J.B.P.; SILVA, G.P.; PAIVA, F.C.; GOMES, G.V.; CARGNELUTTI FILHO, A. Dinâmica de decomposição de espécies utilizadas como plantas de cobertura, cultivadas em safrinha, no Cerrado do sudoeste goiano. IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 30., 2005. **Anais...** Recife, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. CD-ROM.
- BAYER, C. **Dinâmica da matéria orgânica em sistemas de manejo de solos**. Porto Alegre, RS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1996. 241p. Tese (Tese de Doutorado), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1996.
- 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**, v.42, p.1269-1276, 2007.
- BOER, C.A.; ASSIS, R.L.; SILVA, G.P.; BRAZ, A.J.B.P.; BARROSO, A.L.L.; CARGNELUTTI FILHO, A.; PIRES, F.R. Biomassa, decomposição e cobertura do solo ocasionada por resíduos culturais de três espécies vegetais na região Centro-Oeste do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.843-851, 2008.
- CALEGARI, A. Alternativa de rotação de culturas para plantio direto. **Revista Plantio Direto**, v.80, p.62-70, 2004.
- CARPIM, L.; ASSIS, R.L.; BRAZ, A.J.B.P.; SILVA, G.P.; PIRES, F.R.; PEREIRA, V.C.; GOMES, G.V.; SILVA, A.G. Liberação de nutrientes pela palhada de milho em diferentes estádios fenológicos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.2813-2819, 2008.
- CARVALHO, M.A.C.; SORATTO, R.P.; ATHAYDES, M.L.F.; ARF, O.; SÁ, M.E. Produtividade do milho em sucessão a adubos verde no sistema de plantio direto e convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, p.47-53, 2004.
- CARVALHO, A.M.; BUSTAMANTE, M.M.C.; SOUSA JUNIOR, J.G.A.; VIVALDI, L.J. Decomposição de resíduos vegetais em Latossolo sob cultivo de milho e plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.2831-2838, 2008.
- 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 crotalaria. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.27, p.575-580, 2005.
- DOURADO, M.C.; SILVA, T.R.B.; BOLONHEZI, A.C. Matéria seca e produção de grãos de *Crotalaria juncea* L. submetida à poda e adubação fosfatada. **Scientia Agricola**, v.58, p.287-293, 2001.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.
- ERASMO, E.A.L.; DOMINGOS, V.D.; SARMENTO, R.A.; SPEHAR, C.R. Avaliação de espécies alternativas produtoras de grãos e matéria seca para uso no sistema plantio direto no sul do Tocantins. **Bioscience Journal**, v.20, p.27-34, 2004.
- FERREIRA, D.F. **Manual do sistema Sisvar para análises estatísticas**. Lavras, MG, Universidade Federal de Lavras, 2000. 66p.
- KLIEMANN, J.H.; BRAZ, A.J.P.B.; SILVEIRA, P.M. Taxas de decomposição de resíduos de espécies de cobertura em Latossolo Vermelho Distroférrico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.36, p.21-28, 2006.
- LANNA, A.C.; SILVEIRA, P.M.; SILVA, M.B.; FERRARESI, T.M.; KLIEMANN, H.J. Atividade de urease no solo com feijoeiro influenciada pela cobertura vegetal e sistemas de plantio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, vol.34, p.1933-1939, 2010.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional de plantas:**



- Princípios e aplicações.** Piracicaba, Potafos, 1997. 308p.
- MAGALHÃES, P.C.; DURAES, F.O.M. & SCHAFFERT, R.E. Fisiologia da planta de sorgo. Sete Lagoas, Embrapa-CNPMS, 2000. 46p. (Circular Técnica, 3)
- MAGALHÃES, R.T., OLIVEIRA, I.P.; KLIEMANN H.J. Relações da produção de massa seca e as quantidades de nutrientes exportados por *Brachiaria brizantha* em solos sob o manejo pelo sistema "Barreirão". **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.32, p.13-20, 2000.
- MARRIEL, I.E.; OLIVEIRA, C.A.; RAPOSEIRAS, R.; GOMES, E.A.; LANNA, U.G.P.; CARNEIRO, A.A.; CARNEIRO, N.P. Aplicação da Técnica Eletroforese em Gel de Gradiente Desnaturante (DGGE) na caracterização de microrganismos dominantes na rizosfera de plantas cultivadas em solo ácido. Sete Lagoas, Embrapa-CNPMS, 2005. 8p. (Circular Técnica, 72)
- 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, MG: Universidade Federal de Lavras, 2001. 90p. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Lavras, 2001.
- OLIVEIRA, T.K.; CARVALHO, G.J.; MORAES, R.N.S. Plantas de cobertura e seus efeitos sobre o feijoeiro em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, p.1079-1087, 2002.
- PACHECO, L.P.; LEANDRO, W.M.; MACHADO, P.L.O.A.; ASSIS, R.L.; COBUCCI, T.; MADARI, B.E.; PETTER, F.A. Produção de fitomassa e acúmulo e liberação de nutrientes por plantas de cobertura na safrinha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p.17-25, 2011.
- PEREIRA, M.G.; LOSS, A.; BEUTLER, S.J.; TORRES, J.L.R. Carbono, matéria orgânica leve e fósforo remanescente em diferentes sistemas de manejo do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, p.508-514, 2010.
- SODRÉ-FILHO, J.; CARDOSO, A.N.; CARMONA, R.; CARVALHO, A.M. Biomassa e cobertura do solo de culturas de sucessão ao milho na Região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, p.327-334, 2004.
- SPEHAR, C.R.; TEIXEIRA, D.L.; LARA CABEZAS, W.A.R.; ERASMO, E.A.L. Amaranto BRS Alegria: alternativa para diversificar os sistemas de produção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, p.659-663, 2003.
- SUZUKI, L.E.A.S.; ALVES, M.C. Biomassa de plantas de cobertura em diferentes sucessões de culturas e sistemas de cultivo. **Bragantia**, v.65, p.121-127, 2006.
- TEIXEIRA, C.M.; CARVALHO, G.J.C.; FURTINI NETO, A.E.; ANDRADE, M.J.B.; MARQUES, E.L.S. Produção de biomassa e teor de macronutrientes do milheto, feijão-de-porco e guandu-anão em cultivo solteiro e consorciado. **Ciência Agrotecnologia**, v.29, p.93-99, 2005.
- TEIXEIRA, C.M.; CARVALHO, G.J.; ANDRADE, M.J.B.; FURTINI NETO, A.E. Biomassa, teor e acúmulo de micronutrientes do milheto, feijão-de-porco e guandu-anão, em cultivo solteiro e consorciado. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.30, p.533-538, 2008.
- TEIXEIRA, C.M.; CARVALHO, G.; SILVA, C.A.; ANDRADE, M.J.B.; PEREIRA, J.M. Liberação de macronutrientes das palhadas de milheto solteiro e consorciado com feijão-deporco sob cultivo de feijão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p.497-505, 2010.
- TEIXEIRA, M.B.; LOSS, A.; PEREIRA, M.G.; PIMENTEL, C. Decomposição e ciclagem de nutrientes dos resíduos de quatro plantas de cobertura do solo. **IDESIA** (Chile), v.30, p.55-64, 2012.
- 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**, v.29, p.609-618, 2005.
- TORRES, J.L.R.; PEREIRA, M.G. Dinâmica do potássio nos resíduos vegetais de plantas de cobertura no Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.1609-1618, 2008.



Revista Agrarian

ISSN: 1984-2538

TORRES, J.L.R.; PEREIRA, M.G.; FABIAN, A.J.
Produção de biomassa por plantas de cobertura e
mineralização de seus resíduos em plantio direto.
Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.43, p.421-
428, 2008.

YEOMANS, J.C.; BREMMER, J.M.A. A Rapid
and precise method for routine determination of
organic carbon in soil. **Soil Science and Plant
Analysis**, v.19, p.1467-1476, 1988.