

Pré-cultivo de adubos verdes ao milho em agroecossistema submetido a manejo ecológico no Cone Sul de Mato Grosso do Sul

Pre-cultivation of green manure to corn in agroecosystem submitted to ecological management in the Southern Cone of Mato Grosso do Sul State

PADOVAN, Milton Parron¹; MOTTA, Ivo de Sá²; CARNEIRO, Leandro Flávio³; MOITINHO, Mara Regina⁴; SALOMÃO, Gisele de Brito⁵; RECALDE, Kátia Maria Garicoix⁶

1 Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados/MS - Brasil, milton.padovan@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 Mestranda em Ciência do Solo no Departamento de Ciências Exatas, FCAV-UNESP, Jaboticabal/SP - Brasil, mara_moitinho@yahoo.com.br; 5 Unigran/Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados/MS - Brasil, giselebrito_gbs@hotmail.com; 6 Curso de Mestrado em Agronegócios, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados/MS - Brasil, vitoria05@hotmail.com

RESUMO: Este estudo foi desenvolvido no ano agrícola de 2007/2008, com o objetivo de avaliar o acúmulo de massa e nutrientes na parte aérea das plantas de alguns adubos verdes e o efeito destes sobre o desempenho da cultura do milho. Os tratamentos foram: feijão-de-porco, feijão-bravo-do-ceará, mucuna-preta, feijão-guandu, crotalária, sorgo-forrageiro, milheto, consórcio entre crotalária e milheto, mistura de adubos verdes e plantas espontâneas (testemunha). O milho foi semeado logo após o manejo (corte) dos adubos verdes. Os adubos verdes apresentam desenvolvimento e capacidade de ciclagem de nutrientes satisfatório nas condições edafoclimáticas do Sul do Estado, com destaque para *Crotalaria juncea*, sorgo-forrageiro e feijão-guandu. O uso de adubos verdes (leguminosas em monocultivo e consorciadas com gramíneas) proporcionaram melhor desempenho ao milho cultivado em sucessão.

PALAVRAS-CHAVE: Adubação verde; leguminosas; *Zea mays*; desempenho do milho.

ABSTRACT: This study was developed during the agricultural year of 2007/2008 with the aim of evaluating the accumulation of mass and nutrients in the shoots of some of these green manures and the effect on the performance of maize. The treatments were: pork bean (*Canavalia ensiformes*), brave Ceara bean (*Canavalia ensiformes*), black mucuna (*Canavalia ensiformes*), Cajanus (*Cajanus cajan*), *Crotalaria juncea*, forage sorghum (*Sorghum bicolor*), millet (*Penisetum americanum*), millet and *Crotalaria* in consortium, green manure mixed and sample in pousio (plants growing naturally). Maize was planted soon after management (cutting) of green manure. The experimental design of randomized blocks with four replications was used. The green manures have development capacity and nutrient cycling satisfactory at conditions prevailing South State, with greater emphasis on *Crotalaria juncea*, sorghum and pigeonpea. The use of green manure (legumes in monoculture and intercropped with grasses) resulted in better performance of maize grown in succession.

KEY WORDS: Green manure; legumes; *Zea mays*; performance of maize.

Correspondências para: milton.padovan@embrapa.br
Aceito para publicação em 19/12/2012

Introdução

De acordo com Perin et al. (2004), a adubação verde consiste em uma prática capaz de manter e melhorar a fertilidade do solo, colaborando para o aumento da produtividade de culturas de interesse agrícola. Assim, estas plantas caracterizadas como adubos verdes protegem o solo dos agentes erosivos, participam ativamente na ciclagem de nutrientes e adicionam carbono orgânico ao solo, através da fotossíntese. Quando se trata de leguminosas, as plantas adicionam, também, quantidades significativas de nitrogênio (N), através do processo de fixação biológica (FBN) em simbiose com bactérias (AITA et al., 2003; AMADO et al., 2000; PERIN et al., 2004; ROSCOE et al., 2006).

Após o manejo, a permanência dos resíduos culturais dos adubos verdes no solo e a velocidade de liberação de nutrientes dos mesmos dependem da sua taxa de decomposição, a qual é condicionada pelas características intrínsecas das espécies vegetais, pela forma como são manejadas e pelas condições edafoclimáticas (AITA, 1997; AITA et al., 2003; BUCHANAN e KING, 1993).

Padovan et al. (2006) chamam a atenção que a adequação da espécie a ser utilizada constitui-se num fator de relevada importância, pois a escolha equivocada poderá frustrar a expectativa do agricultor, que além de empenhar recursos na implementação da prática, não terá os efeitos potenciais manifestados no sistema de produção.

Dentre as diversas características desejáveis para a seleção dos adubos verdes, destacam-se a produção de fitomassa e a quantidade de nutrientes acumulados, principalmente o N. Essas características, juntamente com a relação C/N, permitem conhecer a capacidade de cada espécie em manter boa cobertura vegetal sobre o solo, acúmulo de nutrientes na palhada e consequente liberação sincronizada dos nutrientes para as culturas subsequentes. Acredita-se que uma das alternativas mais promissoras visando ao

atendimento desses aspectos seja o consórcio de leguminosas e não-leguminosas (AITA, 1997).

Consoando leguminosas e gramíneas, é possível obter uma fitomassa com relação C/N intermediária e também proporções de carboidratos estruturais e lignina (RANELLS; WAGGER, 1996). Essas mudanças na composição da fitomassa podem provocar alterações na taxa de decomposição dos resíduos culturais, uma vez que esse processo é controlado por diversos atributos intrínsecos aos resíduos como, por exemplo, as concentrações em fração solúvel em água, em N, em lignina e em polifenóis, além das relações C/N, lignina/N e lignina + polifenóis/N (TRINSOUTROT et al., 2000).

Um modelo ideal de exploração agrícola pressupõe a correta utilização da terra sem a degradação do solo e dos demais recursos naturais, por meio da combinação do planejamento agroecológico com o sócio-econômico. A reciclagem de nutrientes e o aproveitamento de restos de culturas como fonte de material orgânico são relevantes para o adequado manejo da fertilidade do solo. Deve-se destacar, neste aspecto, que a versatilidade do milho para inclusão em rotação de cultura é grande e que, sendo uma planta de raízes fasciculadas e de alta exigência em nitrogênio, o milho deve ser incluído em rotação com leguminosas (IAPAR, 1991).

Quando se planeja a inserção de adubos verdes em sistemas de produção envolvendo a cultura do milho, o conhecimento da acumulação de massa e de nutrientes por essas 'plantas melhoradoras de solos', bem como sua dinâmica de decomposição e liberação dos nutrientes é fundamental para que essas possam ser eficientemente introduzidas, sendo necessário compatibilizar a máxima persistência dos resíduos culturais na superfície do solo com o fornecimento adequado de N à cultura de interesse comercial (milho).

Quando a cultura antecessora ao milho é a aveia preta, por exemplo, que possui maior relação C/N, pode haver carência inicial de N à cultura

produtora de grãos, devido ao processo de imobilização provocado pelos organismos decompositores dos resíduos da aveia. Porém, no plantio direto, Sá (1996) constatou que a liberação do N pelos resíduos de aveia preta ocorre, principalmente, entre 90 e 120 dias após o corte, coincidindo com o estágio de florescimento e enchimento de grãos do milho.

Na região de Maracaju, em Mato Grosso do Sul, resultados médios de cinco anos de pesquisa mostraram que a aveia preta e nabo forrageiro produziram 4,2 e 3,0 t ha⁻¹ de massa seca, respectivamente (HERNANI et al., 1995). Na massa seca da parte aérea do nabo forrageiro, foram acumulados, em kg ha⁻¹, 125; 164; 90 e 40 e na aveia preta foram 52; 3; 51; 8 e 5, respectivamente de N, P, K, Ca e Mg.

O emprego de adubos verdes na cultura do milho pode contribuir para a redução da necessidade de adubação de cobertura, resultando em economia de 40 a 80 kg ha⁻¹ de nitrogênio (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000). Porém, apesar da importância da adubação verde, ainda é uma prática pouco utilizada em Mato Grosso do Sul, necessitando de informações básicas como as espécies mais adaptadas às condições ecorregionais e o efeito destas nas culturas de interesse econômico utilizadas em sucessão.

Os objetivos desse trabalho foram avaliar o acúmulo de massa e nutrientes na parte aérea das plantas de alguns adubos verdes e o efeito destes sobre o desempenho da cultura do milho.

Material e métodos

O estudo foi desenvolvido no ano agrícola 2007/2008, num agroecossistema submetido a manejo ecológico, localizado no município de Itaquiraí, no Território do Cone Sul de Mato Grosso do Sul, com as coordenadas geográficas de 23° 028' S, 54° 011' W e 340 m de altitude média, num Latossolo Vermelho distrófico típico (SANTOS et.

al., 2006), textura arenosa, com as seguintes características químicas de 0 a 20 cm de profundidade: pH em água = 6,0; Al³⁺ = 0,1 cmol_c dm⁻³; Ca²⁺ = 1,7 cmol_c dm⁻³; Mg²⁺ = 1,0 cmol_c dm⁻³; P (Mehlich⁻¹) = 0,97 mg dm⁻³, K⁺ = 0,18 cmol_c dm⁻³ e C-orgânico = 10,2 g kg⁻¹. Antes da instalação do experimento, durante três anos consecutivos, a área foi cultivada com milho no verão e feijão no outono/inverno. Antes do plantio dos adubos verdes foi aplicado calcário dolomítico no solo na quantidade de 2,0 t ha⁻¹ e 2 t ha⁻¹ de composto orgânico, os quais foram incorporados através de gradagem.

O estudo foi composto por dez tratamentos: pré-cultivo de feijão-de-porco (*Canavalia ensiformes*), feijão-bravo-do-ceará (*Canavalia brasiliensis*), mucuna-preta (*Mucuna aterrima*), feijão-guandu (*Cajanus cajan*), crotalária (*Crotalaria juncea*), sorgo-forrageiro (*Sorghum bicolor*), milheto (*Penisetum americanum*), consórcio entre crotalária e milheto, mistura de todos os adubos verdes utilizados no estudo, e um tratamento testemunha mantendo a área com plantas espontâneas (pousio). No tratamento testemunha detectou o predomínio de *Bidens pilosa* (15%), *Brachiaria decumbens* (45%), *Croton glandulosus* (10%), *Cenchrus echinatus* (10%), *Sida cordifolia* (15%) e outras espécies (5%).

Os adubos verdes foram implantados no dia 22/11/2007, em linhas espaçadas a 0,45 m e na densidade preconizada por Calegari et al. (1993), após a aplicação a lanço e incorporação através de gradagem de 2 t ha⁻¹ de composto orgânico, visando à melhoria da fertilidade do solo.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso com quatro repetições, em parcelas de 4,5 m de largura e 10 m de comprimento, espaçadas em 0,45 m entre as linhas de plantio.

Aos 106 dias após a emergência (DAE), quando a maioria das espécies encontrava-se no estágio

de formação de vagens e início da formação de grãos, foi realizado o corte das plantas de cobertura rente ao solo e, na sequência, quantificou-se a massa verde, utilizando-se 4,5 m² de área útil (2 linhas de 5 m). Em seguida, algumas plantas foram separadas ao acaso, pesadas e levadas à estufa de ventilação forçada à 65^o C, até peso constante, para determinação da massa seca. Os teores de N, P, K, Ca, Mg e S, na biomassa da parte aérea das plantas de cobertura foram determinados conforme Malavolta et al. (1997).

O milho, cultivar AL Bandeirante, foi semeado através de semeadura direta sobre a palhada das plantas de cobertura em 22/03/2008, aos 8 dias após o manejo dos adubos verdes e vegetação espontânea, em linhas espaçadas de 0,9 m, com densidade populacional de 45.000 plantas por hectare.

O controle de algumas plantas espontâneas que emergiram mesmo com a cobertura de solo pela palhada, foi realizado manualmente, aos 25 dias após emergência do milho.

Durante a fase de desenvolvimento vegetativo, foi realizado monitoramento periódico (a cada três

dias) para verificar a ocorrência de pragas associadas ao milho. Aos 12 e 25 dias após a emergência foram realizadas pulverizações, utilizando-se óleo de nim (*Azadiracta indica*) para controle da lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*).

Visando melhorar a resistência das plantas a adversidades (climáticas, ataque de insetos e patógenos), a partir do 10^o dia após a emergência do milho até o estágio de florescimento, a cada 15 dias, foi aplicado via foliar um biofertilizante à base de esterco bovino (45%), água (50%) e urina de vaca (5%), após fermentação, na proporção de 2% da solução.

Aos 138 dias após a emergência do milho, foram realizadas a colheita e as demais avaliações, a partir da amostragem de 4,5 m² de área útil da parcela. As variáveis utilizadas para avaliar o desempenho do milho sob o efeito dos adubos verdes foram: massa seca dos restos culturais, altura de plantas, altura de inserção das espigas e rendimento de grãos.

Os resultados dos adubos verdes e do milho obtidos foram submetidos à análise de variância e

Tabela 1: Acúmulo de massa seca e nutrientes na parte aérea de adubos verdes e na vegetação espontânea, no Sul de Mato Grosso do Sul. Ano agrícola 2007/2008.

Adubos verdes	MS*	N	P	K	Ca	Mg	S
	t ha ⁻¹						
Feijão-de-porco	7,41 cd ¹¹	173 d	12 abc	78 d	27 cd	14 f	9 bc
Feijão-bravo-do-ceará	6,85 d	195 bcd	11 abc	98 d	36 cd	18 def	10 bc
Mucuna-preta	7,39 cd	186 bcd	6 bc	61 d	30 cd	21 def	7 c
Feijão-guandu	12,63 ab	338 a	13 ab	116 bcd	117 b	54 a	17 ab
Crotalária	14,73 a	258 b	13 ab	182 abc	64 c	42 abc	16 abc
Sorgo-forrageiro	15,30 a	250 bc	19 a	184 ab	164 a	48 ab	20 a
Milheto	10,56 b	94 e	13 ab	112 cd	19 d	32 cd	15 abc
Crotalária/milheto	12,75 ab	180 cd	12 abc	246 a	31 cd	34 bcd	14 abc
Mistura/adubos verdes	10,41 bc	186 bcd	6 bc	85 d	33 cd	30 cde	10 abc
Pousio (testemunha)	5,97 d	48 e	5 c	70 d	11 d	15 ef	9 bc
C. V. (%)	12,1	15,4	30,1	24,3	33,0	21,2	31,4

*Massa seca; ¹médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

as comparações de médias foram realizadas pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Resultados e discussão

Constatou-se elevada acumulação de massa seca pelas espécies de adubos verdes avaliadas (6,85 a 15,30 t ha⁻¹), sejam em monocultivo, como em diferentes arranjos de consórcios (Tabela 1), representando várias opções de espécies com diferentes características para a escolha dos agricultores. No entanto, o sorgo forrageiro e a crotalária se destacaram quanto à acumulação de massa na parte aérea das plantas, com 15,30 e 14,73 t ha⁻¹, respectivamente (Tabela 1), corroborando com os resultados obtidos por Padovan et al. (2008). O sorgo-forrageiro e a crotalária não diferiram significativamente do guandu (12,63 t ha⁻¹) e do consórcio entre a crotalária e o milheto (12,75 t ha⁻¹). Por outro lado, o feijão-de-porco, feijão-bravo-do-ceará, mucuna-preta e plantas espontâneas apresentaram menores valores de massa seca, produzindo praticamente 50% dos demais adubos verdes (Tabela 1).

Ressalta-se que a acumulação de massa pelos adubos verdes nesse estudo, em geral, foi superior aos níveis verificados por Padovan et al. (2007) em trabalho realizado num Latossolo Vermelho Distrófico, em Dourados, MS.

A deposição superficial de resíduos vegetais e a não incorporação desses ao solo contribuem para a diminuição das perdas de matéria orgânica do solo (MOS) por erosão e mineralização. A MOS está ligada a processos fundamentais como a ciclagem e retenção de nutrientes, agregação do solo e dinâmica da água, além de ser fonte básica de energia para a atividade biológica (ROSCOE et al., 2006). Portanto, os resultados de produção dos adubos verdes apresentados, principalmente os de maior produção, podem contribuir efetivamente para o incremento de MOS.

É importante salientar que nem sempre maiores quantidades de resíduos culturais depositadas resultam em aumento de MOS no solo. Resultados recentes de Carvalho e Amabile (2006) e Sisti et al. (2004) indicaram que o balanço de N no sistema é determinante crucial na acumulação de MOS sob sistema plantio direto (SPD). Nesse sentido, ênfase deve ser dada à inclusão de leguminosas em sistemas de cultivos quando se visa a recuperação dos estoques de C e N do solo. Estas espécies, além do C fotossintetizado que adicionam ao solo pela massa vegetal, adicionam também, via resíduos vegetais, o N₂ atmosférico fixado simbioticamente. A mineralização do N dos resíduos e o N orgânico acumulado no solo aumentam o suprimento deste nutriente para as espécies não-leguminosas, por exemplo, o milho, que participam do sistema de rotação, o que contribui para a maior adição de C fotossintetizado ao solo.

Diante disso, observa-se entre as leguminosas estudadas, que o feijão-guandu foi o adubo verde de maior acúmulo de N (Tabela 1), seguida pela crotalária, feijão-bravo-do-ceará e mucuna-preta. Chamam atenção os elevados valores de acúmulo de N no feijão-bravo-do-ceará e na mucuna-preta, uma vez que a produção de massa seca destes adubos verdes foi mediana, em relação aos demais tratamentos de maior produção.

Em relação à capacidade das espécies de adubos verdes em promoverem a ciclagem dos macronutrientes além do N, merece destaque o feijão-guandu e o sorgo-forrageiro, pois apresentaram as maiores médias de acúmulo dos macronutrientes e de matéria seca (Tabela 1).

A recomendação de N, P e K na instalação da cultura do milho, para uma expectativa de produção de 8 t ha⁻¹ é em torno de 30, 80 e 60 kg ha⁻¹, respectivamente (SOUSA; LOBATO, 2004). Desconsiderando possíveis perdas dos nutrientes no sistema solo-planta, nota-se que, com exceção

do P, todas as plantas de cobertura reciclaram quantidades suficientes de N e K, além de incrementarem quantidades significativas de Ca, Mg e S para a cultura em sucessão.

Com exceção do N, é pouco provável que a disponibilidade de outros nutrientes possa limitar a decomposição de materiais orgânicos em condições de campo, sendo que, de maneira geral, a disponibilidade de N mineral no solo condiciona a taxa de decomposição daqueles resíduos pobres em N (alta relação C/N) (JENKINSON, 1981). Normalmente, quanto maior o teor de N e menor o de lignina, maior será a taxa de decomposição dos resíduos vegetais (SWIFT et al., 1979). A rápida liberação de N dos resíduos vegetais, incluindo principalmente as leguminosas, poderá contribuir para aumentar as perdas de N, diminuindo o potencial destas como fonte de N às culturas comerciais. Acredita-se que a magnitude das perdas de N seja maior na fase inicial de decomposição dos resíduos de culturas (adubos verdes) com menor relação C/N, já que, em sistemas de rotação de culturas, as espécies comerciais foram recém-implantadas e a sua demanda em N é baixa (12 kg ha⁻¹ de N para o milho aos 30 dias após a germinação) (GIACOMINI, 2001).

Diante destas considerações, com a prática do consórcio de leguminosas e gramíneas, é possível obter uma fitomassa com C/N intermediária e também proporções de carboidratos estruturais e lignina (RANELLS; WAGGER, 1996). Essas mudanças na composição da fitomassa podem provocar alterações na taxa de decomposição dos resíduos culturais (TRINSOUTROT et al., 2000). O conhecimento desses processos é fundamental para que os adubos verdes possam ser eficientemente introduzidos no sistema de produção do milho, sendo necessário compatibilizar a máxima persistência dos resíduos vegetais na superfície do solo (menor amplitude térmica,

umidade e erosão) com o fornecimento adequado de N ao milho.

Neste sentido, observa-se que a estratégia de consorciação dos adubos verdes parece ter contribuído de forma efetiva no desempenho do milho cultivado em sucessão, visto que os tratamentos de mistura dos adubos verdes estudados e consórcio entre crotalária e milheto resultaram em elevadas produções de grãos, massa seca dos restos culturais, boa altura de plantas e altura de inserção das espigas (Tabela 2). Porém, ressalta-se que as variáveis de avaliação de desempenho do milho (matéria seca dos restos culturais, rendimento de grãos, altura de plantas e de inserção das espigas) mostraram uma tendência de superioridade quando a cultura antecessora ao milho foi uma leguminosa (Tabela 2). Guerra et al. (2007) e Padovan et al. (2006) enfatizam que uso de plantas leguminosas como adubo verde são fundamentais em sistemas orgânicos de produção, pois resultam em melhorias das características químicas, físicas e biológicas do solo, destacando-se a fixação biológica de nitrogênio, elemento essencial ao crescimento das plantas.

A produção potencial da cultura do milho, ou seja, os componentes de produção como número de fileiras de grãos por espiga e tamanho da espiga são definidos nos estádios de quatro a seis folhas e necessitam, nessa época, de um suprimento adequado de N (SCHREIBER et al., 1988). Sendo assim, o uso das leguminosas, por apresentarem menor relação C/N (maior decomposição) e alta capacidade de adquirir N atmosférico pela fixação simbiótica, deve ser priorizado em sistemas orgânicos (PADOVAN et al., 2006).

É importante ressaltar que, apesar da elevada acumulação de massa e nutrientes pelo sorgo-forrageiro (Tabela 1), o milho, plantado em sucessão, tendeu a apresentar desempenho inferior aos demais tratamentos com adubos verdes (Tabela 2). Isso pode ter sido causado pela

imobilização microbiana de N, devido à alta relação C/N dos resíduos do sorgo e provavelmente a quantidade de N disponibilizada ao solo após a mineralização da gramínea não foi suficiente para atender a exigência do milho cultivado em sucessão (MENDONÇA; OLIVEIRA, 2000).

Outro aspecto que pode ter contribuído para o menor desempenho do milho é que as plantas de sorgo possuem a capacidade de exsudar aleloquímicos (por exemplo, a sorgoleone) através dos pelos radiculares, compostos estes que também se encontram presentes nas sementes, raízes, colmos e folhas em quantidades variáveis (PEIXOTO; SOUZA, 2002), interferindo no manejo das plantas cultivadas e daninhas (SANTOS, 1996). Estas substâncias orgânicas, os aleloquímicos, são responsáveis por uma grande diversidade de efeitos nas plantas. Esses efeitos incluem o atraso ou a inibição completa da germinação de sementes, paralisação do crescimento, injúria no sistema radicular, clorose, murcha e morte das plantas.

Observa-se que o tratamento de pousio (vegetação espontânea), apesar de ter contribuído para o menor desempenho do milho em sucessão, em relação aos adubos verdes, resultou em produtividade de 3,5 t ha⁻¹ de grãos (Tabela 2), representando boa produtividade, considerando o baixo aporte de insumo externo e a baixa fertilidade do solo.

A decomposição muito lenta dos resíduos culturais de alguns adubos verdes resultará em menor liberação de nutrientes às plantas cultivadas em sucessão, o que poderá remeter à necessidade de aumentar o suprimento de nutrientes através de fertilizantes minerais, o que não é desejável em sistemas de produção sob bases ecológicas. Porém, em sistemas ecológicos, a permanência dos resíduos por mais tempo sobre o solo proporciona maior proteção contra erosão além de favorecer a biodiversidade edáfica e, conseqüentemente, as complexas interações no sistema solo (PADOVAN, et.al., 2006). Este aspecto negativo a curto prazo em sistemas

Tabela 2: Desempenho do milho em sucessão a diferentes adubos verdes no Sul de Mato Grosso do Sul, no ano agrícola 2007/2008.

Adubos verdes	MS-RC ¹	Rend. grãos ²	Alt. Plantas ³	Alt. Espigas ⁴
	t ha ⁻¹			
Feijão-de-porco	7,50 ab*	4,75 abc	2,43 a	1,25 a
Feijão-bravo-do-ceará	7,50 ab	5,00 ab	2,41 a	1,26 a
Mucuna-preta	8,00 a	5,50 a	2,45 a	1,27 a
Feijão-guandu	6,75 ab	4,75 abc	2,31 ab	1,21 ab
Crotalária	6,25 bc	4,75 abc	2,30 ab	1,22 a
Sorgo-forrageiro	4,50 d	3,75 bc	2,08 c	1,13 bc
Milheto	5,00 cd	4,25 abc	2,18 bc	1,13 bc
Crotalária/milheto	7,00 ab	4,75 abc	2,35 ab	1,25 a
Mistura de adubos verdes	6,75 ab	5,25 a	2,38 a	1,25 a
Pousio (testemunha)	4,00 d*	3,50 c	2,09 c	1,09 c
CV (%)	9,2	13,1	3,3	3,2

¹MS-RC = massa seca dos restos culturais; ²Rend. grãos = rendimento de grãos; ³Alt. Plantas = altura média de plantas; ⁴Alt. Espigas = altura média de inserção das espigas. *Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

ecológicos, gerado por adubos verdes recalitrantes, deve ser considerado, pois esses agroecossistemas dependem majoritariamente da fixação biológica de nitrogênio (FBN) para a viabilização do N necessário às culturas. No entanto, a manutenção dos resíduos culturais por mais tempo sobre o solo pode ser positivo a médio e longo prazo, porque a proteção do solo durante maior período favorece a biodiversidade edáfica e, conseqüentemente, as complexas interações no sistema solo.

É importante ressaltar que não é tarefa fácil compatibilizar, numa única espécie de adubo verde, a necessidade de sincronismo entre a liberação de nutrientes e a cinética de absorção dos mesmos pelas plantas cultivadas em sucessão e, também, da manutenção da cobertura do solo. Assim, a seleção de espécies de adubos verdes, para uso tanto em culturas solteiras quanto em consórcios, bem como de formas de manejo constituem importantes desafios à pesquisa científica.

Conclusões

Os adubos verdes apresentam elevado acúmulo de massa na parte aérea das plantas e boa capacidade de ciclagem de nutrientes nas condições edafoclimáticas predominantes no Cone Sul de Mato Grosso do Sul, com maior destaque para a crotalária e o sorgo-forrageiro.

O uso da mucuna-preta em monocultivo e a mistura de adubos verdes proporcionam o melhor desempenho ao milho cultivado em sucessão nas condições predominantes da ecorregião envolvida no estudo.

Referências Bibliográficas

AITA, C.; GIACOMINI, S. J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e consorciadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 601-612, 2003.

AITA, C. Dinâmica do nitrogênio no solo durante a decomposição de plantas de cobertura: efeito

sobre a disponibilidade de nitrogênio para a cultura em sucessão. In: FRIES, M. R.; DALMOLIN, R. S. D. (coord). **Atualização em recomendação de adubação e calagem: ênfase em plantio direto**. Santa Maria: Pallotti, 1997. p. 76-111.

AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J. Estimativa da adubação nitrogenada para o milho em sistemas de manejo e culturas de cobertura do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 553-560, 2000.

BUCHANAN, M.; KING, L. Carbon and phosphorus losses from decomposing crops residues in no till and conventional till agroecosystems. **Agronomy Journal**, v. 85, p. 631-638, 1993.

CALEGARI, A.; MONDARDO, A.; BULISANI, E. A.; WILDNER, L.P.; COSTA, M. B.; ALCÂNTARA, P. B.; MIYASAKA, S.; AMADO, T. J. C.. **Adubação verde no sul do Brasil**. 2 ed. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1993. 346 p.

CARVALHO, A. M. de.; AMABILE, R. F. (ed.). **Cerrado: adubação verde**. Planaltina-DF: Embrapa Cerrados, 2006. 369 p.

DALAL, R. C.; MAYER, R. J. Long-term trends in fertility of soils under continuous cultivation and cereal cropping in southern Queensland. I. Total organic carbon and its rate of loss from the soil profile. **Australian Journal Soil Research**, v. 24, p. 281-292, 1986.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360 p.

GIACOMINI, S. J. Consorciação de plantas de cobertura no outono/inverno e fornecimento de nitrogênio ao milho em sistema plantio direto. 2001. 124 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.

GUERRA, J. G. M.; ESPINDOLA, J. A. A.; PERIN, A.; TEIXEIRA, M. G.; ALMEIDA, D. L. de; ASSIS, R. L. de. **Desempenho de Leguminosas Tropicais Perenes como Plantas de Cobertura do Solo**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2007. 39 p. (Embrapa Agrobiologia, Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 20).

HERNANI, L. C.; ENDRES, V. C.; PITOL, C.; SALTON, J. C. **Adubação Verde de Outono/Inverno no Mato Grosso do Sul**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 1995. 93 p. (EMBRAPA - CPAO. Documentos, 4).

IAPAR. INSTITUTO AGRÔNOMICO DO PARANÁ. **A cultura do milho no Paraná**. Londrina: IAPAR, 1991, 270 p. (IAPAR. Circular

- Técnica, 68).
- JENKINSON, D. S. The fate of plant and animal residues in soil. In: GREENLAND, O. A.; HAYES, M. H. B. (eds.). **The Chemistry of Soil Processes**. Wiley: Chichester, 1981. p. 505-561.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S.A. de. Princípios, métodos e técnicas de avaliação do estado nutricional. In: _____. **Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações**. 2 ed., Piracicaba: POTAFÓS, 1997. p. 115-230.
- MENDONÇA, E. S.; OLIVEIRA, F. H. T. Fornecimento de nutrientes pela matéria orgânica do solo. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO MINERAL DE PLANTAS NO SISTEMA PLANTIO DIRETO, 1., Ponta Grossa, 2000. **Anais**. Ponta Grossa: Associação dos Engenheiros Agrônomos dos Campos Gerais, 2000. p. 70-81.
- PADOVAN, M. P.; OLIVEIRA, F. L. de.; CESAR, M. N. Z. O papel estratégico da adubação verde no manejo agroecológico do solo. In: PADOVAN, M. P. (ed.). **Conversão de Sistemas de Produção Convencionais para Agroecológicos: Novos Rumos à Agricultura Familiar**. Dourados-MS: Edição do Autor, 2006. p. 69-82.
- PADOVAN, M. P.; CESAR, M. N. Z.; ALOVISI, A. M. T. Plantio direto de repolho sobre a palhada de adubos verdes num sistema sob manejo orgânico. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 2, n. 2, p. 333-336, 2007.
- PADOVAN, M. P.; SAGRILO, E.; BORGES, E. L.; TAVARES, G. F. Produção de massa e acúmulo de nutrientes na parte aérea de adubos verdes num sistema sob transição agroecológica em Itaquiraí, MS. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 3, n. 2, p. 99-102, 2008.
- PEIXOTO, M. F.; SOUZA, I. F. Efeitos de doses de imazamox e densidades de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) em soja (*Glycine max* (L.) Merrill) sob plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 26, n. 2, p. 252-258, 2002.
- 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, jan. 2004.
- RANELLS, N. N.; WAGGER, M. Nitrogen release grass and legume cover crop monocultures and bicultures. **Agronomy Journal**, v. 88, p. 777-782, 1996.
- ROSCOE, R.; BODDEY, R. M.; SALTON, J. C. Sistemas de Manejo e Matéria Orgânica do Solo. In: ROSCOE, R.; MERCANTE, F. M.; SALTON, J. C. (eds.). **Dinâmica da Matéria Orgânica do Solo em Sistemas Conservacionistas: Modelagem Matemática e Métodos Auxiliares**. Dourados, MS: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006. p. 17-42.
- SÁ, J. C. M. **Manejo de nitrogênio na cultura de milho no sistema plantio direto**. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1996. 23 p.
- SANTOS, O. G. Alelopatia de genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor*) em sistemas de cultivos de hortaliças. 1996. 27 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Curso de Pós-graduação em Agronomia, Universidade de Brasília.
- SCHREIBER, H. A.; STANBERRY, C.O.; TUCKER, H. Irrigation and nitrogen effects on sweet corn row numbers at various growth stages. **Science**. v. 135, p. 135-136, 1988.
- SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; OLIVEIRA, J. B.; COELHO, M. R.; LUMBREBAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. (eds.). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.
- SISTI, C. P. J.; SANTOS, H. P. dos; KOHHANN, R.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. Change in carbon and nitrogen stocks in soil under 13 years of conventional or zero tillage in southern Brazil. **Soil and Tillage Research**, v. 76, p. 39-58, 2004.
- SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E. Calagem e adubação para culturas anuais e semiperenes. In: SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E. (eds.). **Cerrado: correção do solo e adubação**, 2 ed., Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 283-316.
- SWIFT, M. J.; HEAL, O. W.; ANDERSON, J. M. **Decomposition in terrestrial ecosystem**. Oxford: Blackwell Scientific, 1979. 372 p.
- TRINSOUTROT, I.; RECOUS, S.; BENTZ, B.; LINÈRES, D.; CHÈNEBY, D.; NICOLARDOT, B. Biochemical quality of crop residues and carbon and nitrogen mineralization kinetics under nonlimiting nitrogen conditions. **Soil Science Society American Journal**, v. 64, p. 918-926, 2000.