

10413 - Ciclagem de nutrientes e fornecimento de nitrogênio por adubos verdes para o arroz de sequeiro cultivado em sucessão, em um Latossolo Vermelho de Cerrado

Nutrients cycling and nitrogen supply by green manures for the upland rice crop in succession, on Oxisol of Cerrado

SILVA, Edson Cabral da¹; MURAOKA, Takashi¹; BUZETTI, Salatiér²; ARF, Orivaldo²; SÁ, Marco Eustáquio de²; AMBROSANO, Edimilson José³

¹Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/USP), ecsilva@cena.usp.br, muraoka@cena.usp.br. ²Faculdades de Engenharia de Ilha Solteira (FEIS/UNESP), sbuzetti@agr.feis.unesp.br; arf@agr.feis.unesp.br, mesa@agr.feis.unesp.br. ³Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios - Pólo Centro Sul, ambrosano@apta.sp.gov.br.

Resumo

Este estudo teve como objetivo avaliar o acúmulo de fitomassa e de nutrientes por espécies de adubos verdes, marcando-se também plantas com ¹⁵N, com a finalidade de avaliar o aproveitamento do nitrogênio mineralizado dos resíduos vegetais pela cultura do arroz de sequeiro cultivada em sucessão, sob plantio direto. O estudo foi realizado no ano agrícola 2009/2010, na região Leste de Mato Grosso do Sul, em um Latossolo Vermelho distroférico de Cerrado. Os tratamentos compreenderam o cultivo das espécies: crotalária (*Crotalaria juncea* L.), guandu (*Cajanus cajan* L.), mucuna-verde (*Mucuna prurens*); milho (*Pennisetum glaucum* L.) + vegetação espontânea (pousio) com ausência de adubação nitrogenada no arroz e presença de adubação nitrogenada somente na semeadura, e na semeadura e em cobertura. A crotalária acumulou a maior quantidade de biomassa e da maioria dos nutrientes. O aproveitamento do N dos resíduos das leguminosas pelo arroz foi semelhante (7,61%) e superior ao N do milho (5,80%). As três leguminosas proporcionaram semelhante produtividade de grãos ao arroz, equivalente à aplicação de 60 kg ha⁻¹ de N-uréia, comparado ao cultivo em sucessão ao milho ou solo em pousio.

Palavras-chave: plantio direto, plantas de cobertura, leguminosas, gramíneas

Abstract

*The objective of this study was to evaluate the phytomass yield and nutrients accumulation by green manures species, is also labeled green manures plants with ¹⁵N, with aim of evaluate the utilization of nitrogen mineralized from crop residues by upland rice crop grown in succession, under no-tillage. The study was carried during the 2009/2010 growing season, in the eastern region of Mato Grosso do Sul, Brazil, on area with Oxisol of Cerrado (Savannah). The treatments were the grown of green manures species: sunnhemp (*Crotalaria juncea* L.), pigeon pea (*Cajanus cajan* L.), green velvet bean (*Mucuna prurens*), millet (*Pennisetum glaucum* L.) + spontaneous vegetation (fallow) with without mineral N fertilization for rice crop, nitrogen fertilization at sowing, and nitrogen fertilization at sowing and plus topdressing. Sunnhemp accumulated higher amount of biomass and of the majority of the nutrients. The utilization of N mineralized from three legume species by rice was similar (7.61%), but higher than the N from millet (5.80%). The three legumes provided similar grain yield to rice grown in succession, equivalent to applying 60 kg N ha⁻¹ as urea, compared to the rice grown in succession to millet or fallow soil.*

Key words: *no-tillage, cover crops, legumes, grasses.*

Introdução

O Brasil é o maior produtor mundial de arroz de terras altas (sequeiro). O arroz é o cereal mais importante para a segurança alimentar do mundo, em virtude de mais da metade da população mundial depender deste cereal para atender às suas necessidades diárias de energia (FAO, 2011).

A adubação nitrogenada destaca-se como uma das práticas de manejo que proporcionam melhores resultados sobre a produtividade do arroz. Tradicionalmente, os fertilizantes minerais constituem a principal fonte de nitrogênio (N) para a cultura. No entanto, a crescente preocupação com a sustentabilidade dos sistemas produtivos tem estimulado a busca de fontes alternativas do nutriente, que possibilitem a substituição integral ou parcial desses insumos. Devido ao seu potencial de fixação biológica de N, as leguminosas são consideradas alternativas promissoras para atender a essa demanda (MURAOKA et al., 2002; SCIVITTARO et al., 2005).

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o acúmulo de biomassa e de nutrientes na parte aérea de adubos verdes, marcando-se também plantas com ^{15}N , com a finalidade de avaliar o aproveitamento do N mineralizado dos resíduos vegetais pela cultura do arroz de sequeiro com irrigação suplementar por aspersão, cultivada em plantio direto na presença e ausência de uréia.

Metodologia

O experimento foi desenvolvido na Fazenda Experimental da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP, município de Selvíria-MS. O solo do local foi classificado como Latossolo Vermelho distroférrico, com histórico de 19 anos de cultivo com culturas anuais com preparo convencional e os últimos 11 anos sob plantio direto. Na caracterização química do solo, antes da instalação do experimento, encontrou-se nas camadas de 0-0,10 e 0,10-0,20 m, respectivamente: pH (CaCl_2) 4,9 e 4,7; N total 1,0 e 0,8 g kg^{-1} ; M.O. 26 e 22 g dm^{-3} ; P (resina) 30 e 25 mg dm^{-3} ; Ca 32 e 20 mmol_c dm^{-3} ; Mg 18 e 12 mmol_c dm^{-3} ; K 2,0 e 2,6 mmol_c dm^{-3} ; H+Al 31 e 38 mmol_c dm^{-3} ; S 4,0 e 3,5 mg dm^{-3} ; SB 52 e 34,6 mmol_c dm^{-3} ; CTC 83 e 72,6 mmol_c dm^{-3} ; V 63 e 48%.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com 15 tratamentos e quatro repetições, dispostos em esquema fatorial 5x3. Os tratamentos compreenderam quatro espécies de adubos verdes: crotalária-juncea (*Crotalaria juncea* L.), guandu (*Cajanus cajan* L.), mucuna-verde (*Mucuna prurens*); milheto (*Pennisetum glaucum* L.) + vegetação espontânea (pousio na entressafra) combinados com ausência total de adubação nitrogenada na cultura do arroz, presença somente na semeadura (20 kg ha^{-1} de N), e presença na semeadura (20 kg ha^{-1} de N) e em cobertura (60 kg ha^{-1} de N), na forma de uréia.

Os adubos verdes foram semeados em 14/09/2009. Para o cálculo da porcentagem e quantidade de nitrogênio na planta de arroz proveniente dos adubos verdes (NPPAV) e do aproveitamento do N desta fonte, foi feita a marcação isotópica com ^{15}N dos adubos verdes, utilizando-se a dose de 30 kg ha^{-1} de N-uréia, enriquecida em 20% de átomos de ^{15}N . Aos 70 dias após a semeadura (DAS), foram feitas amostragens para determinar a produtividade de matéria seca, o teor e a quantidade de nutrientes acumulada (MALAVOLTA et al., 1997). As determinações de ^{15}N foram feitas em espectrômetro de massa e os cálculos da porcentagem e quantidade de NPPAV e do aproveitamento do N

foram feitos conforme Silva et al. (2006).

O arroz, cultivar IAC 202, foi semeado mecanicamente em 28/11/2009, utilizando-se o espaçamento de 0,35 m entrelinhas, numa densidade de 200 sementes por m². A adubação de semeadura foi de 40 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 40 kg ha⁻¹ de K₂O. A adubação nitrogenada de cobertura foi realizada no início de diferenciação da panícula. A colheita do arroz foi realizada aos 113 DAS. Os dados foram submetidos à análise de variância e comparação de médias pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Resultados e Discussão

Aos 70 DAS, a produtividade de matéria seca de parte aérea das plantas de cobertura seguiu a ordem decrescente: Crotalária juncea (11.250 kg ha⁻¹) > milho (7.430 kg ha⁻¹) > guandu (6.130 kg ha⁻¹) > mucuna-verde (4.017 kg ha⁻¹) > vegetação espontânea (3.050 kg ha⁻¹). Cazetta et al. (2008), em duas safras, obtiveram, aos 60 DAS, valores de produtividade de matéria seca inferiores, para crotalária, guandu e pousio; superiores, para mucuna-preta; e semelhantes, para milho.

À exceção do enxofre, a crotalária acumulou a maior quantidade dos demais macronutrientes (Tabela 1), embora sem diferença significativa do milho para as quantidades de K e Mg. Tal fato foi devido, principalmente, à sua maior produção de matéria seca, quando comparada às demais espécies. Observa-se que apenas a parte aérea das leguminosas adicionou ao solo: 196,9; 142,9 e 109,5 kg ha⁻¹ de N, respectivamente, para crotalária, guandu e mucuna-verde, evidenciando, assim, o grande potencial de suprimento de N às culturas cultivadas em sucessão.

A quantidade reciclada de P variou entre 5 kg ha⁻¹ pela vegetação espontânea a 20 kg ha⁻¹ pela crotalária (Tabela 1). Estudos demonstram que espécies vegetais com maior habilidade para ciclar o fósforo são capazes de recuperar frações de baixa disponibilidade e reduzir a necessidade de adição de elevadas quantidades de fertilizantes fosfatados aos solos (CARVALHO et al., 2008; SILVA et al., 2009).

A quantidade de K reciclada pela crotalária e pelo milho foi superior à de N (Tabela 1). Para o guandu e a mucuna-verde, as quantidades absorvidas de ambos os nutrientes foram bastante próximas. Neste aspecto, considerando-se que a maior parte do K contido nos resíduos vegetais é liberada em menos de 30 dias após o manejo (MALAVOLTA et al., 1997), a época de manejo dos adubos verdes em relação à semeadura da cultura, buscando maior sincronia entre demanda/liberação, bem como as doses de fertilizantes minerais potássicos devem ser revistas.

Tabela 1. Quantidade de macronutrientes e micronutrientes na parte aérea de adubos verdes e vegetação espontânea (pousio), aos 70 dias após a semeadura, Selvíria-MS, 2009/2010

Espécie	kg ha ⁻¹					g ha ⁻¹				
	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn
Crotalária	196,9 a	20,0 a	232,3 a	54,6 a	26,9 a	13,7 b	76 a	2376 bc	388 ab	210 a
Guandu	142,9 b	15,3 c	139,9 b	40,0 b	14,4 b	9,6 c	62 ab	2761 b	321 ab	137 ab
Mucuna	109,5 c	11,4 d	103,5 bc	33,0 bc	12,5 bc	8,1 d	56 b	3729 a	286 b	114 ab
Milho	83,9 d	17,1 b	226,1 a	31,1 c	24,4 a	16,8 a	63 ab	3627 a	565 a	191 a
Pousio	36,0 e	5,0 e	59,4 c	16,5 d	9,9 c	5,8 e	22 c	2057 c	322 ab	65 b
C.V. (%)	4,9	2,1	11,4	4,9	7,7	2,3	12,4	42,5	24,7	26,5

Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey (p ≤ 0,05).

Os adubos verdes reciclaram também consideráveis quantidades de Cu, Fe, Mn e Zn (Tabela 1). Estudos demonstram que adição regular de resíduos de adubos verdes ao

solo aumenta a estabilidade das formas mais solúveis de micronutrientes catiônicos na solução do solo (PEGORARO et al., 2006).

A produtividade de palha (parte aérea exceto os grãos) da cultura do arroz foi de 6,80; 6,58; 6,43; 5,31 e 5,04 t ha⁻¹, respectivamente, para o cultivo em sucessão à Crotalaria juncea, guandu, mucuna-verde, milho e pousio. A produtividade de grãos, nos tratamentos sem a aplicação de N e com uso de leguminosas, foi superior àquela com o uso de 20 kg ha⁻¹ de N na semeadura com cultivo de milho ou pousio (Tabela 2). Já o cultivo de leguminosas associado à aplicação de 20 kg ha⁻¹ de N na semeadura, proporcionou produtividade superior àquela com a aplicação de N na semeadura e em cobertura e com uso de milho ou pousio; portanto, as leguminosas proporcionaram efeito equivalente à aplicação de 60 kg ha⁻¹ de N uréia. Este fenômeno evidencia que ao utilizar essas espécies como cobertura de solo, deve ser dispensada a adubação de cobertura. MURAOKA et al. (2002), usando crotalaria-juncea e mucuna-preta como adubos verdes para o arroz, reportaram um efeito equivalente à fertilização de 40 kg ha⁻¹ de N, na forma de uréia.

Tabela 2. Produtividade de grãos de arroz em função do uso de adubos verdes e adubação nitrogenada na semeadura (Sem.) e em cobertura (Cob.), Selvíria-MS, safra 2009/2010

Dose de N (kg ha ⁻¹)	Produtividade de grãos de arroz (kg ha ⁻¹)				
	Crotalaria/arroz	Guandu/arroz	Mucuna/arroz	Milho/arroz	Pousio/arroz
0	4303 Ab	4517 Ab	4688 Ab	3086 Bc	2950 Bc
20 Sem. ⁽¹⁾	5305 Aa	5153 Aa	5426 Aa	3951 Bb	4161 Bb
20 Sem. + 60 Cob.	5881 Aa	5333 Aa	5699 Aa	5215 Aa	5175 Aa
Média	5163 A	5001 A	5271 A	4084 B	4095 B

Médias seguidas por letras distintas, minúscula na coluna e maiúscula na linha, diferem pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

A maior porcentagem de nitrogênio na planta de arroz proveniente dos adubos verdes (%NPPAV) ocorreu nos tratamentos em sucessão às leguminosas (Tabela 3). No entanto, comparando-se a mesma sucessão, as %NPPAV foram semelhantes entre grãos e palha. Tal fato se deve à grande dinâmica do N dentro da planta, proporcionando pequena variação isotópica do N, decorrente da alta mobilidade deste nutriente e da dinâmica dos compostos nitrogenados (SILVA et al., 2006).

A maior quantidade de N no arroz proveniente dos resíduos vegetais (QNPPAV), tanto na palha como nos grãos, ocorreu nos tratamentos cultivados em sucessão à crotalaria (Tabela 3). Isto, certamente, foi devido ao maior aporte de N no solo por esta espécie (196,9 kg ha⁻¹). A QNPPAV guandu e da mucuna-verde foram superiores à do milho. A maior parte do N acumulado pelo arroz, assim como do N proveniente dos adubos verdes, foi alocada nos grãos (60%), evidenciando serem estes o principal dreno do nutriente. O aproveitamento do N pelos resíduos do arroz associado aos tratamentos com as três espécies de leguminosas foi semelhante (7,61%); porém, superior ao N do tratamento com milho (5,8%).

Tabela 3. Quantidade de nitrogênio acumulado pelo arroz, porcentagem (%NPPAV), quantidade de nitrogênio na planta de arroz proveniente dos adubos verdes (QNPPAV) e aproveitamento do N dos adubos verdes, em função de doses de N, safra 2009/2010

Espécie	N Acumulado		%NPPAV		QNPPAV		Aproveitamento do N		
	Palha	Grãos	Palha	Grãos	Palha	Grãos	Palha	Grãos	Total
	kg ha ⁻¹		%		kg ha ⁻¹		%		
Crotalaria	43,6 Bab	56,6 Aab	13,7 Ba	16,1 Aa	6,0 Ba	8,9 Aa	3,04 Ba	4,54 Aa	7,68 a
Guandu	38,3 Bbc	57,1 Aab	10,3 Aab	10,8 Ab	4,0 Bb	6,2 Ab	2,78 Ba	4,32 Aa	7,10 a
Mucuna	43,8 Ba	60,0 Aa	8,4 Abc	8,7 Ac	3,7 Bb	5,1 Ac	3,35 Ba	4,69 Aa	8,04 a
Milho	34,0 Bc	46,7 Ab	5,6 Ac	6,0 Ad	2,0 Bc	2,9 Ad	2,33 Ba	3,47 Ab	5,80 b
Dose de N (kg ha⁻¹)									
0	33,3 Bc	42,9 Ac	9,4 Ba	10,9 Aa	3,3 Ba	4,8 Ab	2,35 Bb	3,45 Ab	5,80 b
20	39,9 Bb	54,8 Ab	9,4 Ba	10,8 Aa	3,9 Ba	6,2 Aa	2,81 Bab	4,39 Aa	7,20 a
80	46,6 Ba	67,6 Aa	9,8 Aa	9,5 Ab	4,5 Ba	6,4 Aa	3,46 Ba	4,93 Aa	8,39 a

Médias seguidas por letras distintas, minúscula na coluna e maiúscula na linha, diferem pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Em relação às doses de N, o aproveitamento do N dos resíduos vegetais foi semelhante entre os tratamentos com aplicação de 20 e de 80 kg ha⁻¹ de N e superior àqueles tratamentos sem a aplicação de N (Tabela 3). Ressalta-se que as quantidades totais de biomassa e de macro e micronutrientes adicionadas ao solo pelos adubos verdes neste estudo não incluem a fração contida no seu sistema radicular. Da mesma forma, também não foi mensurado o N acumulado no sistema radicular do arroz, o que representa, portanto, uma subestimativa da capacidade de suprimento de N pelos adubos verdes, bem como do N aproveitado pela cultura.

Conclusões

A *Crotalaria juncea* acumulou maior quantidade de biomassa e da maioria dos nutrientes. O nitrogênio, o potássio, o ferro e o manganês foram os nutrientes absorvidos em maior quantidade pelos adubos verdes. O aproveitamento pelo arroz do N mineralizado dos resíduos das três espécies de leguminosas foi semelhante (7,61%); porém, superior ao N do milho (5,80%). As três leguminosas proporcionaram semelhante produtividade de grãos ao arroz, com uma contribuição equivalente à aplicação de 60 kg ha⁻¹ de N-uréia, comparado ao cultivo em sucessão ao milho ou solo em pousio. Não houve resposta do arroz à adubação nitrogenada mineral de cobertura com o uso de leguminosas como adubos verdes.

Agradecimentos

À FAPESP, pela concessão de bolsa e auxílio financeiro (Processo 2008/54502-9).

Bibliografia Citada

CARVALHO, A. M.; BUSTAMANTE, M. M. C.; GERALDO JUNIOR, J.; VIVALDI, L. J. Decomposição de resíduos vegetais em latossolo sob cultivo de milho e plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, p. 2831-2838, 2008.

CAZETTA, D. A.; ARF, O.; BUZETTI, S.; SÀ, M.E.; RODRIGUES, R. A. F. Desempenho do arroz de terras altas com a aplicação de doses de nitrogênio e em sucessão às culturas de cobertura do solo em sistema de plantio direto. **Bragantia**, v. 67, n. 2, p. 471-479, 2008.

FAO - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA AGRICULTURA E ALIMENTAÇÃO. **Situación Alimentaria Mundial**. Disponível em <<https://www.fao.org.br>> Acesso em 20/05/2011.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.

MURAOKA, T.; AMBROSANO, E. J.; ZAPATA, F.; BORTOLETTO, N.; MARTINS, A. L. M.; TRIVELIN, P. C. O.; BOARETTO, A. E.; SCIVITTARO, W. B. Eficiência de abonos verdes (*crotalaria* y *mucuna*) y urea, aplicadas solos o juntamente, como fuentes de N para el cultivo de arroz. **Terra**, Chapingo, v. 20, n. 1, p. 17-23, 2002.

PEGORARO, R. F.; SILVA, I. R.; NOVAIS, R. F.; MENDONÇA, E. S.; ALVAREZ V., V. H.; NUNES, F. N.; GEBRIM, F. O. Fluxo difusivo de micronutrientes catiônicos afetado pelo tipo, dose e época de incorporação de adubos verdes ao solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 30, n. 6, p. 997-1006, 2006.

SCIVITTARO, W. B.; SILVA, C. A. S.; REIS, J. C. L.; MURAOKA, T.; TRIVELIN, P. C. O. **Potencial de fornecimento de nitrogênio (¹⁵N) de adubos verdes e mineral para o arroz irrigado**.

Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2005. 22 p. (Embrapa Clima Temperado. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 21).

SILVA, E. C. da; MURAOKA, T.; ALVAREZ VILLANUEVA, F. C.; CONTRERAS ESPINAL, F. S. Aproveitamento de nitrogênio pelo milho, em razão da adubação verde, nitrogenada e fosfatada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 2, p. 118-127, 2009.

SILVA, E. C. da; MURAOKA, T.; BUZETTI, S.; VELOSO, M. E. da C.; TRIVELIN, P. C. O. Aproveitamento do nitrogênio (^{15}N) da crotalária e do milheto pelo milho sob plantio direto em Latossolo Vermelho de Cerrado. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 36, n. 3, p. 739-746, 2006.