

## 12645 - Aproveitamento do nitrogênio de adubos verdes pelo arroz de terras altas

### *Utilization of nitrogen from green manures by upland rice*

CONTRERAS ESPINAL, Freddy Sinencio<sup>1</sup>; SILVA, Edson Cabral da<sup>2</sup>; Takashi Muraoka<sup>2</sup>; FRANZINI, Vinícius Ide<sup>3</sup>; ALVAREZ VILLANUEVA, Felipe Carlos<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales, Santo Domingo, República Dominicana, fsinencio@hotmail.com. <sup>2</sup> Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Piracicaba, SP, ecsilva@cena.usp.br, muraoka@cena.usp.br, falvarez@cena.usp.br. <sup>3</sup> Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA, franzini@cpatu.embrapa.br

**Resumo:** O objetivo deste estudo foi avaliar o aproveitamento do nitrogênio mineralizado dos resíduos de crotalária (*Crotalaria juncea* L.) e do milho (*Pennisetum glaucum* L.) pelo arroz de terras altas, cultivado com ou sem aplicação de uréia, e o efeito destes adubos verdes sobre a produção de grãos e de palha da cultura. Foram desenvolvidos experimentos com Latossolo Vermelho distroférrico, fase cerrado, em casa de vegetação no CENA/USP, em Piracicaba, SP, em duas fases: (a) produção e marcação isotópica dos adubos verdes com <sup>15</sup>N; (b) cultivo de arroz em vasos com 4 kg de solo. Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado com 12 tratamentos e três repetições, em esquema fatorial 3x4, constituídos pela combinação de crotalária, milho e solo sem adubo verde com quatro doses de N (0; 28,6; 57,2; 85,8 mg kg<sup>-1</sup>), na forma de uréia. A produção de grãos e de palha de arroz foi influenciada positivamente pela crotalária quando comparada ao milho e sem adubo verde. A aplicação de uréia não influenciou a absorção de N proveniente dos adubos verdes pelo arroz. O aproveitamento do N da crotalária (18,9%) pelo arroz foi mais de duas vezes superior ao do N do milho (7,8%).

**Palavras-chave:** Adubação verde, matéria orgânica, mineralização, leguminosas.

**Abstract:** The objectives of this research were to evaluate the utilization of N by the rice crop from mineralization of sunnhemp (*Crotalaria juncea* L.) and millet (*Pennisetum glaucum* L.) residues, with or without urea application, and the effects of these green manures on rice grain and straw yield. Experiments were carried out with dystropherric Red Latosol (Oxisol), cerrado (savannah) phase, in greenhouse at CENA/USP, Piracicaba, Sao Paulo, Brazil. The research had two phases: (a) green manures (sunnhemp and millet) production and labeling with <sup>15</sup>N; (b) rice growth in pots containing 4 kg of soil. The experimental design utilized was a completely randomized with 12 treatments and three replicates, in a 3x4 factorial scheme. The treatments were the combination of sunnhemp, millet and without green manure, with four N rates, as urea (0; 28.6; 57.2; 85.8 mg N kg<sup>-1</sup>). The rice grain and straw yield was affected positively by the sunnhemp use when compared to millet and treatment without green manure. The urea application did not influence the absorption of N from green manure by rice. The utilization N from sunnhemp (18.9%) by the rice plants was more than two times higher than N from millet (7.8%).

**Key words:** green manure, organic matter, mineralization, legumes.

## Introdução

O uso intensivo e inadequado dos solos acelera a degradação da matéria orgânica (MOS), principal componente da fertilidade dos solos. Os adubos verdes promovem o aporte de quantidades adicionais de resíduos vegetais ao solo e contribuir para a manutenção e o incremento da MOS. Ademais, a adubação verde promove alterações em atributos químicos, físicos e biológicos do solo, com efeitos diretos e indiretos na disponibilidade de nutrientes às plantas. Os atributos químicos do solo são beneficiados pelo aporte de nutrientes, em especial nitrogênio (N), por meio da reciclagem e fixação biológica de nitrogênio, principalmente pela associação com bactérias dos gêneros *Rhizobium* e *Bradyrhizobium* e espécies de leguminosas.

O N é o nutriente mineral que repercute de forma mais direta sobre a produção de arroz, pois aumenta a porcentagem de espiguetas cheias, incrementa a superfície foliar e contribui para o aumento da qualidade do grão (PETERS e CALVERT, 1982). Muraoka et al. (2002), utilizando as leguminosas crotalária juncea e mucuna-preta como adubos verdes, reportaram um efeito equivalente à fertilização de 40 kg ha<sup>-1</sup> de N como uréia, indicando que estas leguminosas constituem uma importante fonte alternativa de N e outros nutrientes para as plantas.

## Metodologia

O estudo compreendeu duas fases: I) produção dos adubos verdes com marcação isotópica, usando (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> enriquecido em 10 e 5% de átomos de <sup>15</sup>N para crotalária e milho, respectivamente; II) cultivo de arroz sobre resíduos vegetais dos adubos verdes. O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação, no Centro de Energia Nuclear na Agricultura - CENA/USP, Piracicaba, SP. Foram utilizados vasos plásticos contendo 5 kg de terra fina seca ao ar (TFSA) para a produção dos adubos verdes e 4 kg de TFSA para o cultivo de arroz, coletada da camada de 0 a 0,20 m, de um Latossolo Vermelho distroférrico, textura argilosa, fase cerrado.

As análises do solo apresentaram os seguintes resultados: pH (CaCl<sub>2</sub>): 4,8; pH (H<sub>2</sub>O): 5,3; N total: 1 g kg<sup>-1</sup>; M.O.: 12,7 g dm<sup>-3</sup>; P (resina): 11,7 mg dm<sup>-3</sup>; Ca: 20,0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg: 10,6 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; K: 2,0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; H+Al: 26,1 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; S: 7,5 mg dm<sup>-3</sup>. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com 12 tratamentos e três repetições, dispostos em esquema fatorial 3x4. Os tratamentos compreenderam a combinação de dois adubos verdes (crotalária e milho) e o solo sem adição de resíduos com quatro doses de nitrogênio, na forma de uréia (0; 28,6; 57,2; 85,8 mg kg<sup>-1</sup> de N), aplicados ao arroz.

Os adubos verdes foram fragmentados em pedaços de 2 cm e misturados ao solo, 12 dias antes da semeadura do arroz, numa proporção de 4:1 de parte aérea e raízes, de acordo com os rendimentos obtidos das respectivas partes, em quantidade para fornecer 400,1 e 76,6 mg N por vaso, respectivamente, para parte aérea e raízes de crotalária, e 176,0 e 60,2 mg N por vaso, respectivamente, para parte aérea e raízes de milho (25 g de resíduos por vaso). Exceto nos tratamentos controles, foram aplicados 11,4 mg kg<sup>-1</sup> de N na semeadura do arroz e o restante da dose, em cobertura, na fase de perfilhamento. Foram aplicados 100 mg P e 100 mg K por vaso, na forma de superfosfato triplo e KCl.

As plantas de arroz (cultivar IAC 202), 5 por vaso, foram cultivadas durante 120 dias após a emergência. Em seguida, procedeu-se o corte das plantas rente à superfície do solo, com a separação em grãos e palha e secagem em estufa a 60 °C, pesado e moído em moinho Wiley. Posteriormente, foram analisados o teor de N total e a concentração isotópica de <sup>15</sup>N no grão e na palha por espectrometria de massa

(IRMS). Os cálculos foram baseados no princípio da diluição isotópica (SILVA et al., 2006). Os dados foram submetidos à análise de variância aplicando-se o teste F, comparação de médias pelo teste de Tukey, a 5 %. e análise de regressão.

## Resultados e Discussão

A produtividade de matéria seca (MS) do milho foi superior à da crotalária, tanto para a parte aérea como para a raiz (Tabela 1). Em relação à MS total, a quantidade de raízes foi de 19,40% para o milho e de 12,86% para a crotalária. O teor de N total correspondeu a mais que o dobro na parte aérea da crotalária e praticamente o dobro na raiz, o que proporcionou menor relação C/N dos resíduos. A concentração de  $^{15}\text{N}$  na crotalária foi superior à obtida no milho, provavelmente devido ao uso de uma concentração de 10% de átomos para a crotalária e de 5% para o milho. Esta prática é recomendada em virtude da possibilidade da FBN pela leguminosa, promover diluição de  $^{15}\text{N}$  (SILVA et al., 2006).

**Tabela 1.** Produção de matéria seca (MS), teor de N total, concentração de  $^{15}\text{N}$  e relação C/N nos adubos verdes, usados solo como fonte de N para o arroz

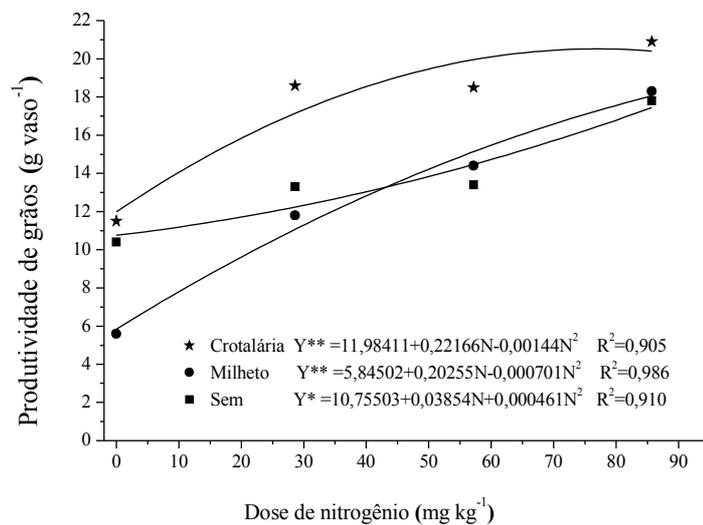
Adubo verde	MS g/vaso <sup>-1</sup>	N total g kg <sup>-1</sup>	Conc. $^{15}\text{N}$ % de átomos-	Relação C/N
		Parte aérea		
Crotalária	50,32 b	24,0 a	3,751	17,9/1
Milho	60,46 a	10,7 b	3,501	39,2/1
		Sistema radicular		
Crotalária	7,43 b	19,2 a	3,646	17,7/1
Milho	14,54 a	10,0 b	3,290	32,0/1

Médias com letras iguais nas colunas não diferem de acordo com o teste de Tukey a 5%.

A produtividade de MS de palha de arroz (parte aérea exceto grão) apresentou valor médio de 20,52 g vaso<sup>-1</sup>. Considerando-se as doses de N, com o uso de crotalária, a produtividade de palha ajustou-se melhor ao modelo quadrático ( $Y = 16,8915 + 0,41316N - 0,00346N^2$ ), atingindo a máxima produtividade (29,23 g vaso<sup>-1</sup>) com a dose de 59,71 mg kg<sup>-1</sup> de N mineral. Com o uso de milho, os dados também ajustaram ao modelo quadrático ( $Y = 6,2845 + 0,36082N - 0,00248N^2$ ) com a máxima produtividade (19,41 g vaso<sup>-1</sup>) com a dose de 72,75 mg kg<sup>-1</sup> de N. Comparando-se as máximas produtividades de palha de arroz de acordo com as regressões, observa-se que o uso de crotalária proporcionou aumento de 33,6% em relação ao uso de milho. Nos tratamentos sem adição de adubo verde, a produtividade de palha aumentou de forma linear em relação às doses de N ( $Y = 17,391 + 0,1058N$ ) e foi superior à produtividade com o uso de milho. Isto sugere que uso desta espécie induziu à imobilização de N no solo, a exemplo do também verificado em outros estudos na cultura de arroz (CLEMENT et al., 1998).

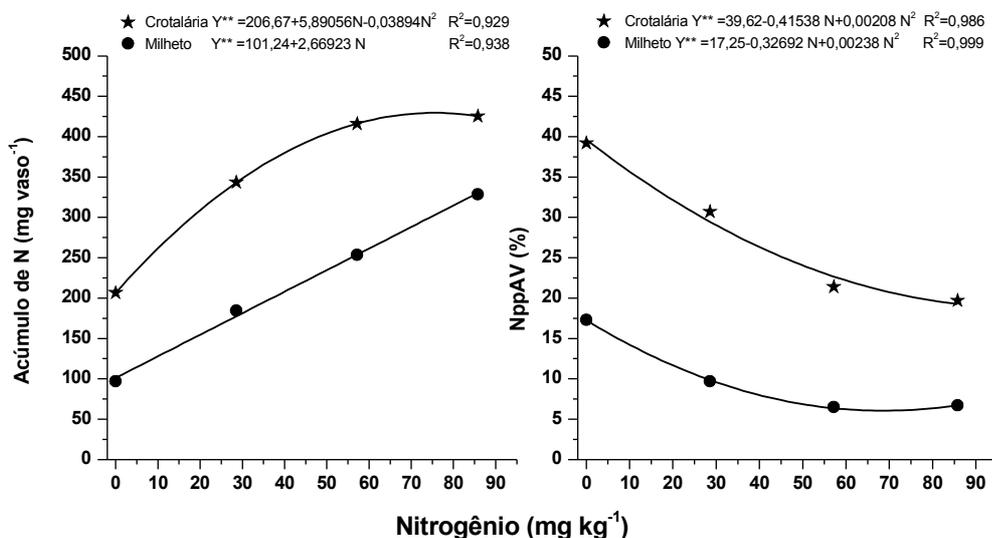
A produtividade de grãos foi influenciada positivamente pelo uso de crotalária quando comparada aos tratamentos com milho e àquele sem adubo verde, conferindo efeito sinérgico pelo N mineral (Figura 1). O uso de crotalária sem a aplicação de uréia proporcionou produtividade de grãos equivalente à aplicação de 26,64 mg vaso<sup>-1</sup> de N. Neste sentido, MURAOKA et al. (2002) observaram que a crotalária juncea proporcionou produtividade de grãos ao arroz equivalente à aplicação de 40 kg ha<sup>-1</sup> de N na forma de uréia. No presente trabalho, o uso de crotalária sem aplicação de N mineral no solo conferiu um aumento na produtividade de grãos de 51,26% em relação à aplicação de milho e 12,35% no tratamento sem

adição de adubo verde. Embora os tratamentos com aplicação de milho e sem adição de adubos verdes tenham ajustado ao modelo quadrático, a aplicação de N mineral não foi suficiente para proporcionar produtividade máxima de grãos. Já com a crotalária foi alcançada a produtividade máxima (20,5 g vaso<sup>-1</sup>) que seria obtida com a dose de 77,0 mg kg<sup>-1</sup> de N mineral. Isso demonstra que o uso desta espécie aportou maior quantidade de N para a nutrição da planta de arroz.



**Figura 2.** Produtividade de grãos de arroz em função de doses de nitrogênio mineral cultivado na ausência e presença de adubos verdes (crotalária ou milho).

A quantidade de N acumulado nas plantas (palha+grãos) aumentou com o aumento das doses de N mineral (Figura 2), semelhante ao observado na palha e no grão de arroz. Já a porcentagem de nitrogênio na planta proveniente dos adubos verdes (NppAV) apresentou um comportamento quadrático decrescente com o aumento das doses de N-uréia.



**Figura 2.** Acúmulo de N e porcentagem de N na planta inteira (palha+grãos) proveniente do adubo verde (crotalária e milho) (NppAV), em função das doses de nitrogênio mineral.

A quantidade de nitrogênio na planta proveniente do adubo verde (milheto e crotalária) (QNppAV) e o aproveitamento do N do adubo verde N pelos grãos de arroz não foram influenciados significativamente pela aplicação de N mineral ao solo. Em média, a QNppAV crotalária nos grãos de arroz foi de 56,4 mg vaso<sup>-1</sup>, correspondendo a um aproveitamento médio de 11,8% do N aplicado na forma resíduo. Já a QNppAV milheto nos grãos foi em média de 12,7 mg vaso<sup>-1</sup>, equivalente a um aproveitamento de 5,3% do N aplicado na forma de adubo verde. O aproveitamento de N do milheto pela palha de arroz apresentou pouca variabilidade em função das diferentes doses de N, situando-se na faixa de 2,2 a 2,8% do N contido no resíduo.

A quantidade de N acumulado (NA), a NppAV, a QNppAV e o aproveitamento do N do adubo verde pela planta inteira (palha+grão), foram superiores no arroz cultivado na presença de resíduos de crotalária (Tabela 2). A QNppAV da crotalária foi aproximadamente cinco vezes superior à do milheto, o que pode ser explicado, em parte, pela menor quantidade de N aplicado na forma de milheto. No entanto, a maior relação C/N desta espécie (Tabela 1), certamente, foi o principal fator que contribuiu para o menor aporte de N, visto que o aproveitamento, que é relativo à quantidade de N aplicada na forma de resíduo, foi muito menor do que o aproveitamento do N da crotalária. O aproveitamento do N da crotalária (18,9%) foi 2,4 vezes superior ao do N do milheto (Tabela 2). Outros estudos relatam valores de aproveitamento de N da crotalária entre 10% a 37% pelo arroz (MURAOKA et al., 2002) e de 8% para trigo (ARAÚJO et al., 2005).

**Tabela 2.** Nitrogênio acumulado (NA), quantidade (QNppAV), porcentagem (NppAV) de nitrogênio na planta de arroz proveniente do adubo verde e aproveitamento (Ap) do N dos adubos verdes (crotalária e milheto) pela planta de arroz

Aduto verde	NA mg vaso <sup>-1</sup>	QNppAV	NppAV %	Ap
Crotalária	347,9 a	90,2 a	27,5 a	18,9 a
Milheto	215,8 b	18,6 b	10,0 b	7,8 b
CV%	9,99	15,54	10,21	14,18

Médias com letras iguais na coluna não diferem de acordo com o teste de Tukey a 5%.

## Conclusões

A crotalária juncea proporcionou maior produção de matéria seca ao arroz comparada ao milheto e ao solo sem adição de adubo verde. A aplicação de uréia não influenciou a absorção de N proveniente dos adubos verdes pelo arroz. O aproveitamento do N da crotalária (18,9%) pelo arroz foi mais de duas vezes superior ao do N do milheto (7,8%).

## Agradecimentos

À FAPESP, pela concessão de bolsa e auxílio financeiro ao segundo autor.

## Bibliografia Citada

- ARAÚJO, A.S.F.; TEIXEIRA, G.M.; CAMPOS, A.X.; SILVA, F.C.; AMBROSANO, E.J.; TRIVELIN, P.C.O. Utilização de nitrogênio pelo trigo cultivado em solo fertilizado com adubo verde (*Crotalaria juncea*) e/ou uréia. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.2, p.284-289, 2005.
- CLEMENT, A.; LADHA, J.K.; CHALIFOUR, F.P. Nitrogen dynamics of various green manure species and the relationship to lowland rice production. **Agronomy Journal**, Madison, v.90, n.2, p.149-154, 1998.

MURAOKA, T.; AMBROSANO, E.J.; ZAPATA, F.; BORTOLETTO, N.; MARTINS, A.L.M.; TRIVELIN, P.C.O.; BOARETTO, A.E.; SCIVITTARO, W.B. Eficiencia de abonos verde (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.

PETERS, G.A.; CALVERT, H.F. The Azzola – Anabaena symbiosis. In: RAOS, N.S.S. (Ed.). **Advances in Agricultural Microbiology**. New Delhi: Oxford , 1982. p.191-218.

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