

**Potencial de fornecimento de
nitrogênio (^{15}N) de adubos verdes e
mineral para o arroz irrigado**



Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Clima Temperado
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

ISSN 1981-5980

Novembro, 2005

versão

ON LINE

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 21

Potencial de fornecimen- to de nitrogênio (^{15}N) de adubos verdes e mineral para o arroz irrigado

**Walkyria Bueno Scivittaro
Cláudio Alberto Souza da Silva
José Carlos Leite Reis
Takashi Muraoka
Paulo César Ocheuze Trivelin**

Pelotas, RS
2005

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Clima Temperado

Endereço: BR 392 Km 78

Caixa Postal 403, CEP 96001-970 - Pelotas, RS

Fone: (53) 3275-8199

Fax: (53) 3275-8219 - 3275-8221

Home page: www.cpact.embrapa.br

E-mail: sac@cpact.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: Walkyria Bueno Scivittaro

Secretária-Executiva: Joseane M. Lopes Garcia

Membros: Cláudio Alberto Souza da Silva, Lígia Margareth Cantarelli Pegoraro, Isabel Helena Vernetti Azambuja, Cláudio José da Silva Freire, Luís Antônio Suita de Castro

Suplentes: Daniela Lopes Leite e Luís Eduardo Corrêa Antunes

Revisores de texto: Sadi Macedo Sapper/Ana Luiza Barragana Viegas

Normalização bibliográfica: Regina das Graças Vasconcelos dos Santos

Editoração eletrônica: Oscar Castro

1a edição

1a impressão (2005): 50 exemplares

Composto e impresso: Embrapa Clima Temperado

Todos os direitos reservados

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

Potencial de fornecimento de nitrogênio (¹⁵N) de adubos verdes e mineral para o arroz irrigado / Walkyria Bueno Scivittaro [et al.] . --Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2005.

22 p. --(Embrapa Clima Temperado. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 21).

ISSN 1678-2518

1. Adubo Verde - Adubação nitrogenada - Diluição isotópica - Uréia - Trifolium resupinatum - Trifolium repens - Lotus subbiflorus. I. Scivittaro, Walkyria Bueno.

CDD 631.874

Sumário

Resumo	5
Abstract	7
Introdução	9
Material e Métodos	10
Resultados e Discussão	13
Conclusão	20
Referências Bibliográficas	21

Potencial de fornecimento de nitrogênio (^{15}N) de adubos verdes e mineral para o arroz irrigado

Walkyria Bueno Scivittaro¹
Cláudio Alberto Souza da Silva²
José Carlos Leite Reis²
Takashi Muraoka³
Paulo César Ocheuze Trivelin

Resumo

A adubação nitrogenada favorece o desempenho produtivo do arroz irrigado. Tradicionalmente, os fertilizantes minerais constituem a principal fonte de nitrogênio (N) para a cultura. A preocupação crescente 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 utilizadas como adubos verdes têm sido consideradas alternativas promissoras para atender a essa demanda. Realizou-se em Planossolo Hidromórfico um experimento para avaliar a contribuição em nitrogênio (^{15}N) de adubos verdes e mineral, utilizados de forma exclusiva ou combinada, ao arroz irrigado. Os adubos verdes trevo-persa (*Trifolium resupinatum*), trevo-branco (*Trifolium repens*) e cornichão anual (*Lotus subbiflorus*)

¹ Eng. Agrôn., Dra., Pesquisadora da Embrapa Clima Temperado, BR 392 km 78 Caixa Postal 403 CEP 96001-970 Pelotas, RS.

E-mail: wbscivit@cpact.embrapa.br

² Eng. Agrôn., MSc. Pesquisador da Embrapa Clima Temperado, BR 392 km 78 Caixa Postal 403 CEP 96001-970 Pelotas, RS.

E-mail: claudio@cpact.embrapa.br, reis@cpact.embrapa.br

³ Eng. Agrôn., Dr., Pesquisador do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA-USP), Av. Centenário, 303 Caixa Postal 96 CEP 13400-970 Piracicaba, SP. E-mail: muraoka@cena.usp.br, trivelin@cena.usp.br

foram produzidos no outono-inverno, sendo sucedidos pelo arroz, cultivado em sistema plantio direto. A uréia, nas doses de 50 e 100 kg ha⁻¹ de N, foi aplicada diretamente ao arroz irrigado. O uso exclusivo ou combinado à uréia dos adubos verdes supriu as exigências de N do arroz, com desempenho semelhante ou superior ao da uréia. A contribuição dos adubos verdes para o N contido no arroz variou de 19% a 28% do total acumulado pela cultura, sendo favorecida pela associação à uréia. O fornecimento de N da uréia foi influenciado pela dose de N, variando de 11% a 30% do total do nutriente absorvido pelas plantas, para as doses de 50 e 100 kg ha⁻¹ de N, respectivamente.

Termos para indexação: *Trifolium resupinatum*, *Trifolium repens*, *Lotus subbiflorus*, uréia, adubação, diluição isotópica.

Green Manures and Mineral Fertilizer Nitrogen (^{15}N) Supplying Potential to Flooded Rice

Abstract

*Nitrogen fertilization benefits productive performance of flooded rice. Traditionally, mineral fertilizers constitute the main nitrogen source for the rice crop. Increasing concerns on the sustainability of the cropping systems have stimulated searching of nitrogen alternative sources, which make possible integral or partial substitution of mineral fertilizers. Legume green manures have been considered promising alternatives to supply this demand due to its nitrogen biological fixing potential. An experiment was carried out to evaluate the contribution of nitrogen (^{15}N) from green manures and mineral fertilizer, applied solo or combined, to flooded rice. Persian clover (*Trifolium resupinatum*), white clover (*Trifolium repens*) and annual birdsfoot trefoil (*Lotus subbiflorus*) green manures had been grown in the autumn-winter, being succeeded by rice cultivated in a no-tillage system. Mineral fertilizer (urea), in the rates of 50 and 100 kg ha⁻¹ of N, was applied to flooded rice at side-dressed. Green manures use sole or combined to urea supplied nitrogen requirements of rice, with similar or superior performance than urea. The contribution of green manures for the N contained in rice varied from 19% to 28% of the total accumulated by the crop. Rice nitrogen derived from green manures was favored by the combination to urea. Urea nitrogen supplying to rice was influenced by the rate of N, varying from 11% to 30% of the total of the nutrient uptaken by rice plants, for the rates of 50 and 100 kg ha⁻¹ of N, respectively.*

Index terms: Trifolium resupinatum, Trifolium repens, Lotus subbiflorus, urea, fertilization, isotopic dilution.

Introdução

A adubação nitrogenada favorece o desempenho produtivo do arroz irrigado. Tradicionalmente, os fertilizantes minerais constituem a principal fonte de nitrogênio para a cultura. A crescente preocupação com a sustentabilidade dos sistemas produtivos tem estimulado a busca de fontes alternativas de nitrogênio, que possibilitem a substituição integral ou parcial desses insumos. Devido ao seu potencial de fixação biológica de N, as leguminosas utilizadas como adubos verdes têm sido consideradas alternativas promissoras para atender a essa demanda.

No Sul do Brasil, a prática de adubação verde, associada ou não a fontes nitrogenadas minerais, é ainda incipiente; porém, sua adoção em outros países com tradição no cultivo de arroz irrigado, como os da Ásia, é uma realidade devido à excelência dos resultados obtidos. A contribuição em nitrogênio de leguminosas adubos verdes para o arroz irrigado tem sido comparável a de fontes minerais (Bhardwaj & Dev, 1985; Manguiat et al., 1992; Diekmann et al., 1996; Ventura et al., 1992; Zoysa et al., 1990). Além disso, por atuarem como uma rápida rotação de culturas e cobrirem o solo durante o período de entressafra, os adubos verdes promovem melhorias em atributos físicos, químicos e biológicos do solo, auxiliam no controle de plantas daninhas e reduzem fontes de inóculos de pragas e de doenças (Tanaka, 1981).

Estudos realizados no Rio Grande do Sul indicam espécies de leguminosas com elevada capacidade de fixação de nitrogênio e

adequadas ao cultivo em solos de várzea (Reis, 1998), constituindo uma fonte alternativa de N para o arroz irrigado. O emprego desses adubos verdes vem ao encontro das necessidades atuais do sistema produtivo de arroz na Região, por representarem uma possibilidade de elevação dos patamares de produtividade da cultura, sem implicar em elevação no custo de produção. Além do que, é uma medida de caráter conservacionista, que reduz os riscos de poluição ambiental.

Realizou-se um experimento para avaliar o potencial de fornecimento de nitrogênio de adubos verdes e da uréia, aplicados de forma exclusiva ou combinada, para a cultura do arroz irrigado.

Material e Métodos

O experimento foi realizado na safra agrícola 1999/00 e compreendeu duas fases. Na primeira, produziram-se simultaneamente adubos verdes sem marcação isotópica, no campo, e marcados com ^{15}N , em casa de vegetação. Na segunda fase, cultivou-se em sucessão arroz irrigado no sistema plantio direto.

As atividades de campo foram realizadas em Planossolo Hidromórfico (Embrapa, 1999), na Estação Experimental Terras Baixas (ETB) da Embrapa Clima Temperado, em Capão do Leão, RS, e as de casa de vegetação foram realizadas na sede da Embrapa Clima Temperado, em Pelotas, RS, utilizando-se amostra de solo coletada em área anexa ao local onde foi instalado o experimento de campo.

O estudo compreendeu 12 tratamentos: T1 - testemunha; T2 - ^{15}N -trevo-persa cv. Kyambro (*Trifolium resupinatum* var. *resupinatum*); T3 - ^{15}N -trevo-branco cv. Estanzuela Zapican (*Trifolium repens*); T4 - ^{15}N -cornichão anual cv. El Rincón (*Lotus subbiflorus*); T5 - ^{15}N -uréia dose 1; T6 - ^{15}N -uréia dose 2; T7 -trevo-persa associado a ^{15}N -uréia dose 1; T8 - trevo-branco associado a ^{15}N -uréia dose 1; T9 -cornichão anual associado a ^{15}N -uréia dose 1; T10 - ^{15}N -trevo-persa associado a uréia dose 1; T11 - ^{15}N -trevo-branco associado a uréia dose 1 e T12 - ^{15}N -cornichão anual associado a uréia dose 1. Estes foram dispostos em

delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições. As doses 1 e 2 de uréia corresponderam, respectivamente, a 50 e 100 kg ha⁻¹ de N.

Produção dos adubos verdes no campo

Para a produção dos adubos verdes no campo, realizou-se a sistematização da área experimental e a correção da acidez do solo, segundo resultados da análise de solo e visando atingir pH 6 (Comissão, 1995), aplicando-se 2,3 Mg ha⁻¹ de calcário dolomítico (PRNT = 60%). Os adubos verdes foram semeados na segunda quinzena de abril, utilizando-se densidades de semeadura de 5 kg ha⁻¹, para o trevo persa, e de 4 kg ha⁻¹, para o trevo-branco e o cornichão anual. Visando aumentar a eficiência da fixação biológica do nitrogênio, as sementes dos adubos verdes foram tratadas com inóculos específicos. A adubação de semeadura consistiu na aplicação de 300 kg ha⁻¹ da formulação 5-20-20 (Comissão, 1995). As parcelas com cultivo de adubo verde receberam, ainda, adubação nitrogenada em cobertura na dose de 20 kg ha⁻¹ de N, como uréia.

No interior das parcelas, com exceção daquelas referentes ao tratamento testemunha, foram delimitadas microparcelas com 0,2 m² de área para a substituição dos adubos verdes sem marcação isotópica pelo material marcado, produzido em casa de vegetação, ou para a adição de uréia marcada com ^{15}N . As microparcelas foram isoladas por cilindros metálicos, com 70 cm de altura, introduzidos ao solo até a profundidade de 50 cm.

No estágio de florescimento pleno, avaliaram-se as produções de matéria fresca e seca dos adubos verdes, coletando-se, de cada parcela, duas amostras referentes a uma área de 0,2 m². O material vegetal coletado foi pesado para determinação da produção de matéria fresca. Em seguida, retirou-se uma amostra de 300 g, que foi seca em estufa (65°C) até peso constante, para determinação da produção de matéria seca e avaliação da composição química (Freire, 1998). O restante do material vegetal foi restituído às parcelas experimentais.

Após as avaliações das produções de matéria fresca e seca, procedeu-se à dessecação dos adubos verdes, utilizando-se uma mistura de Glifosate com Metsulfuron, nas doses de 2,2 L ha⁻¹ e 1,2 g ha⁻¹, respectivamente.

Produção dos adubos verdes marcados com ^{15}N

Em casa de vegetação, os adubos verdes foram produzidos em vasos com capacidade para 8 kg de terra. As densidades de semeadura utilizadas foram três vezes maiores que aquelas empregadas no campo.

A marcação das coberturas vegetais foi iniciada cerca de 10 dias após a emergência das plantas (dae), com a aplicação periódica, em cobertura, de solução de uréia (10,1% em átomos de ^{15}N), na dose de 10 mg kg⁻¹ de solo. Esta operação foi repetida por oito vezes.

A parte aérea dos adubos verdes foi colhida quando as plantas encontravam-se em pleno florescimento. Em seguida, determinou-se a produção de matéria fresca e procedeu-se à secagem do material vegetal para determinação da produção de matéria seca. Amostras do material vegetal foram moídas para análises química (Freire, 1998) e isotópica (Trivelin et al., 1973).

Produção do arroz irrigado

No dia 20 de novembro, realizou-se a semeadura do arroz irrigado, cultivar BRS-7 Taim, em sistema plantio direto. Utilizou-se uma densidade de semeadura de 150 kg ha⁻¹. Como adubação de semeadura, foram aplicados 300 kg ha⁻¹ da formulação 5-20-20 (Comissão, 1995). Imediatamente após a semeadura do arroz, substituíram-se os adubos verdes do interior das microparcelas por aqueles produzidos com marcação isotópica. Para tanto, utilizaram-se quantidades correspondentes às médias determinadas para os materiais produzidos no campo.

A adubação nitrogenada em cobertura foi realizada, de acordo com os tratamentos, aplicando-se um terço da dose prevista no início do perfilhamento e o restante, na diferenciação da panícula. O controle de plantas daninhas e demais tratamentos culturais seguiram as recomendações técnicas da pesquisa para o arroz irrigado (Embrapa Clima Temperado, 1999). O desempenho agrônomico e produtivo do arroz foi avaliado no mês de abril, por ocasião da maturação e após a colheita,

respectivamente.

Adicionalmente, avaliou-se o potencial de fornecimento de nitrogênio dos adubos verdes e mineral para o arroz irrigado. Para esta última avaliação, utilizou-se o arroz produzido no interior das microparcelas com aplicação de adubos verdes ou mineral marcados com ¹⁵N.

Os procedimentos estatísticos constaram da análise de variância com aplicação do teste F. As médias de tratamentos foram comparadas pelo teste de Duncan, ao nível de 5%.

Resultados e Discussão

Produção de massa dos adubos verdes e vegetação espontânea

As produtividades de matéria fresca dos adubos verdes trevo-persa, trevo-branco e cornichão anual foram significativamente superiores a da vegetação espontânea desenvolvida nas parcelas sem o cultivo de adubos verdes, com destaque para o trevo-persa, cuja produção foi superior a dos demais adubos verdes. Da mesma forma, a produção de matéria seca dos adubos verdes foi influenciada pelos tratamentos. Para esta variável, o desempenho das três espécies de adubo verde foi semelhante, sendo as produções de matéria seca do trevo-persa e cornichão anual superiores a do tratamento com vegetação espontânea, que não diferiu do tratamento com trevo-branco (Tabela 1). As produções de material vegetal obtidas nos tratamentos com adubos verdes foram satisfatórias, especialmente para o primeiro ano de cultivo em terreno recém sistematizado. Esses resultados indicam adequação das espécies avaliadas para o cultivo no inverno em solo de várzea, confirmando dados de Reis (1998).

Tabela 1. Produções de matéria fresca e de matéria seca dos adubos verdes e da vegetação espontânea.

Cobertura de solo	Matéria fresca	Matéria seca
	----- t ha ⁻¹ -----	
Vegetação espontânea	11,78 c	2,71 b
Trevo-persa	31,42 a	3,87 a
Trevo-branco	19,05 b	3,22 ab
Cornichão	24,27 b	3,90 a
CV (%)	37	24

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

Desempenho agrônômico e produtivo do arroz irrigado

Na avaliação do desempenho agrônômico e produtivo do arroz irrigado consideraram-se, apenas, nove tratamentos, uma vez que para essas avaliações os tratamentos T7; T8 e T9 são iguais a T10; T11 e T12, respectivamente.

Com relação ao desempenho agrônômico, o efeito dos tratamentos foi verificado para as variáveis estatura de planta e número de perfilhos. Plantas de maiores estatura foram determinadas no tratamento com uso exclusivo de cornichão anual, que não diferiu dos tratamentos com uso combinado de adubos verdes e mineral, uréia dose 2 e trevo-branco. Este último foi semelhante, porém, aos tratamentos trevo-persa e uréia dose 1, que não diferiram estatisticamente da testemunha, com menor estatura de plantas. Por sua vez, maior número de perfilhos foi determinado nos tratamentos testemunha e com o uso exclusivo de adubo verde ou mineral, relativamente aos tratamentos com combinação de adubos verdes e mineral, indicando possível efeito depressivo devido ao aumento da dose de nitrogênio sobre essa variável. Esse comportamento não se refletiu, porém, na produtividade de grãos do arroz (Tabela 2).

Tabela 2. Estatura de planta, número de perfilhos e produtividade de grãos de arroz em função do uso exclusivo ou combinado de adubos verdes e mineral.

Tratamento	Estatura de plantas cm	Nº de perfilhos m^{-2}	Produtividade de grãos t ha^{-1}
Testemunha	68 c	503 a	5,67 d
Trevo-persa	73 bc	546 a	6,27 c
Trevo-branco	75 ab	538 a	6,42 bc
Cornichão	78 a	500 a	6,10 cd
Uréia dose 1	73 bc	552 a	6,46 abc
Uréia dose 2	74 ab	532 a	6,22 c
Trevo-persa + uréia dose 1	75 ab	391 b	6,84 ab
Trevo-branco + uréia dose 1	76 ab	379 b	6,60 abc
Cornichão + uréia dose 1	76 ab	379 b	7,01 a
CV (%)	4	11	5

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

A produtividade de grãos do arroz foi significativamente influenciada pelos tratamentos. Os tratamentos com aplicação de adubos verde ou mineral foram significativamente superiores à testemunha, exceção feita para o tratamento com uso exclusivo de cornichão anual. Este resultado demonstra a importância do nitrogênio sobre o desempenho produtivo do arroz. Maior produtividade foi obtida pela associação do adubo verde cornichão anual associado à aplicação de 50 kg ha^{-1} de N-uréia, o qual não diferiu dos demais tratamentos com uso combinado de adubos verde e mineral e uréia dose 1. Estes últimos proporcionaram produtividades estatisticamente semelhantes a do tratamento com uso exclusivo de trevo-branco, que por sua vez não diferiu dos tratamentos trevo-persa, cornichão anual, uréia doses 1 e 2 e trevo-branco + 50 kg ha^{-1} de N-uréia (Tabela 2).

As demais variáveis medidas: esterilidade de espiguetas; massa de 1000 grãos e percentuais de grãos inteiros e quebrados não foram influenciadas pelos tratamentos, apresentando como valores médios para o experimento os seguintes valores: 13,1%; 24,50g; 57,7% e 12,9% respectivamente.

Acumulação de nitrogênio e utilização de nitrogênio de adubos verdes e mineral pelo arroz irrigado

Da mesma forma que para as variáveis associadas ao desempenho agrônomico e produtivo do arroz, também foram considerados apenas nove tratamentos na avaliação da quantidade de nitrogênio acumulada pelo arroz.

Na Tabela 3 são apresentados os resultados de acumulação de nitrogênio pela cultura do arroz. Nos colmos e folhas, a acumulação de nitrogênio proporcionada pelos tratamentos trevo-persa, uréia dose 2 e com associação de adubos verdes e mineral foi superior a dos demais, exceção feita para o tratamento com uso exclusivo de trevo-branco, que não diferiu do tratamento uréia dose 2. Para os grãos, verifica-se que os tratamentos com uso exclusivo e combinado de adubos verdes e uréia dose 2 apresentaram desempenho semelhante entre si e superior ao da testemunha, exceção feita para o trevo-branco, uréia dose 1 e trevo-branco + uréia dose 1, que não diferiram desta. Por sua vez, para a parte aérea, os melhores resultados foram obtidos pelos tratamentos: trevo-persa, uréia dose 2, e com combinações de adubos verdes e mineral. Os tratamentos trevo-branco e cornichão anual apresentaram desempenho intermediário, superando o efeito dos tratamentos testemunha e uréia dose 1.

Os resultados obtidos evidenciam que os adubos verdes avaliados mostraram ser alternativas promissoras para o fornecimento de N às plantas de arroz, com efeito semelhante e, em algumas situações, até mesmo superior ao da uréia, fonte de N convencionalmente utilizada nos cultivos de arroz irrigado. Esse comportamento muito provavelmente se deve ao elevado conteúdo de nitrogênio incorporado ao solo pelos adubos verdes avaliados; indica, também, sua adaptação ao cultivo em áreas de várzea, fixando nitrogênio mesmo sob condições de solo saturado ou inundado, comuns durante o inverno na região de Pelotas, RS. É interessante notar ainda que, para nenhuma das variáveis medidas, o efeito da aplicação de 50 kg ha⁻¹ de N diferiu da testemunha sem N, demonstrando razoável potencial de fornecimento de N do solo, a despeito de seu conteúdo de matéria orgânica ser considerado baixo (< 2,5%).

Tabela 3. Quantidade de nitrogênio acumulada pela cultura do arroz irrigado em função do uso exclusivo ou combinado de adubos verdes e mineral.

Tratamento	Dose de N	Colmos e folhas	Grãos	Parte aérea
	kg ha ⁻¹	-----	kg ha ⁻¹	-----
Testemunha	---	28,04 c	35,27 c	63,31 c
Trevo-persa	94	39,48 a	47,42 ab	86,90 a
Trevo-branco	97	31,62 bc	42,59 abc	74,21 b
Cornichão	136	29,84 c	44,88 ab	74,71 b
Uréia dose 1	50	27,66 c	36,03 bc	63,68 c
Uréia dose 2	100	37,27 ab	48,34 ab	85,62 a
Trevo-persa + uréia dose 1	144	42,60 a	49,36 a	91,96 a
Trevo-branco + uréia dose 1	147	44,38 a	42,86 abc	87,24 a
Cornichão + uréia dose 1	186	41,45 a	48,16 ab	89,61 a
CV (%)		7	10	4

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

As quantidades de nitrogênio no arroz provenientes dos adubos verdes são apresentadas na Tabela 4. Para os colmos e folhas, nota-se que os tratamentos com uso exclusivo de trevo persa e com combinação entre trevo-branco ou cornichão anual e uréia não diferiram entre si, sendo superiores ao tratamento com trevo-branco. O tratamento com uso exclusivo de cornichão anual, embora não tenha diferido do tratamento com trevo-branco, equiparou-se aos tratamentos trevo-persa combinado ou não à uréia. Por outro lado, para os grãos, nota-se que o cornichão anual combinado ou não à uréia apresentou efeito superior ao dos tratamentos trevo-persa e trevo-branco, não diferindo das demais combinações entre adubos verdes e mineral. Os resultados obtidos para a parte aérea indicam que a combinação cornichão anual + uréia foi superior aos demais tratamentos, sendo equiparado, apenas, pela combinação trevo-branco + uréia, que não diferiu dos demais tratamentos, exceção feita para o trevo-branco. De forma geral, tais resultados indicam que a combinação com uréia favoreceu o fornecimento de nitrogênio dos adubos verdes, o que possivelmente se deva ao estímulo na mineralização de nitrogênio dos adubos verdes, proporcionado pela presença de uma fonte de nitrogênio prontamente disponível, como a uréia.

Tabela 4. Quantidade de nitrogênio no arroz proveniente dos adubos verdes em função do uso exclusivo ou combinado de adubos verdes e mineral.

Tratamento	Dose de N	Colmos e folhas	Grãos	Parte aérea
	kg ha ⁻¹	-----	kg ha ⁻¹	-----
¹⁵ N-trevo-persa	94	11,62 abc	10,21 b	21,83 bc
¹⁵ N-trevo-branco	97	8,45 d	10,47 b	18,92 c
¹⁵ N-cornichão	136	9,89 cd	14,00 a	23,89 b
¹⁵ N-trevo-persa + uréia dose 1	144	11,09 bc	12,26 ab	23,35 b
¹⁵ N-trevo-branco + uréia dose 1	147	12,22 ab	12,77 ab	24,99 ab
¹⁵ N-cornichão + uréia dose 1	186	13,74 a	14,58 a	28,32 a
CV, %		8	11	7

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

Com relação ao fornecimento de nitrogênio da uréia para as plantas de arroz (Tabela 5), verifica-se, para colmos e folhas, grãos e parte aérea, que este variou apenas em função da dose de fertilizante mineral adicionada ao solo. Desta forma, tem-se que o maior fornecimento de N para as plantas foi proporcionado pelo tratamento uréia dose 2 (100 kg ha⁻¹ de N), relativamente aos demais, onde a dose de N-uréia aplicada foi de 50 kg ha⁻¹. É interessante notar ainda que a associação com os adubos verdes não influenciou o fornecimento de N pela uréia.

Tabela 5. Quantidade de nitrogênio no arroz proveniente da uréia em função do uso exclusivo ou combinado de adubos verdes e mineral.

Tratamento	Dose de N	Colmos e folhas	Grãos	Parte aérea
	kg ha ⁻¹	-----	kg ha ⁻¹	-----
¹⁵ N-uréia dose 1	50	4,66 b	5,61 b	10,27 b
¹⁵ N-uréia dose 2	100	12,83 a	16,77 a	29,60 a
Trevo-persa + ¹⁵ N-uréia dose 1	144	4,78 b	6,22 b	11,01 b
Trevo-branco + ¹⁵ N-uréia dose 1	147	4,71 b	6,77 b	11,48 b
Cornichão + ¹⁵ N-uréia dose 1	186	4,95 b	7,43 b	12,38 b
CV, %		13	20	6

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

Os dados de aproveitamento de nitrogênio dos adubos verdes pelo arroz são apresentados na Tabela 6. Não houve efeito dos tratamentos sobre a recuperação de N dos adubos verdes para os grãos. Por outro lado, nota-se que, para os colmos e folhas e para a parte aérea, os tratamentos trevo-persa e com combinação de adubos verdes e mineral propiciaram maior recuperação de nitrogênio dos adubos verdes, exceção feita para as combinações entre trevo-persa ou cornichão anual e uréia, que não diferiram do trevo-branco. O tratamento cornichão anual apresentou o pior desempenho, equiparando-se, apenas, a trevo-branco e cornichão anual + uréia.

Tabela 6. Aproveitamento do nitrogênio dos adubos verdes pelo arroz em função do uso exclusivo ou combinado de adubos verdes e mineral.

Tratamento	Dose de N	Colmos e folhas	Grãos	Parte aérea
	kg ha ⁻¹	----- % -----	----- % -----	----- % -----
^{15}N -trevo-persa	94	12,32 a	10,82 a	23,14 ab
^{15}N -trevo-branco	97	8,69 bc	10,78 a	19,47 bc
^{15}N -cornichão	136	7,29 c	10,32 a	17,61 c
^{15}N -trevo-persa + uréia dose 1	144	11,75 ab	12,99 a	24,75 ab
^{15}N -trevo-branco + uréia dose 1	147	12,58 a	13,14 a	25,72 a
^{15}N -cornichão + uréia dose 1	186	10,13 abc	10,75 a	20,88 abc
CV, %		10	12	9

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

À semelhança do verificado para os dados relativos às quantidades de nitrogênio no arroz provenientes da uréia (Tabela 5), o aproveitamento de N da uréia pelo arroz foi maior para o tratamento uréia dose 2 (Tabela 7), onde a dose de uréia aplicada é duas vezes maior que nos demais tratamentos. Também para esta variável, a associação com os adubos verdes não interferiu na recuperação de nitrogênio do fertilizante mineral.

Tabela 7. Aproveitamento do nitrogênio da uréia pelo arroz em função do uso exclusivo ou combinado de adubos verdes e mineral.

Tratamento	Dose de N	Colmos e folhas	Grãos	Parte aérea
	kg ha ⁻¹	-----	kg ha ⁻¹	-----
^{15}N -uréia dose 1	50	9,33 b	11,22 b	20,55 b
^{15}N -uréia dose 2	100	12,83 a	16,77 a	29,60 a
Trevo-persa + ^{15}N -uréia dose 1	144	9,57 b	12,45 ab	22,01 b
Trevo-branco + ^{15}N -uréia dose 1	147	9,43 b	13,54 ab	22,97 b
Cornichão + ^{15}N -uréia dose 1	186	9,91 b	14,86 ab	24,77 b
CV, %		8	14	7

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

A análise conjunta dos dados das Tabelas 6 e 7 indica ainda que a eficiência de utilização de nitrogênio dos adubos verdes e mineral pelas plantas de arroz é relativamente baixa, em média, 22% e 24%, para os adubos verdes e uréia, respectivamente. Tais resultados indicam que a maior parte do nitrogênio absorvido pelas plantas de arroz é fornecida pelo solo. Porém, é interessante notar que, apesar de a contribuição em nitrogênio dos adubos verdes e mineral não ter atingido um quarto do total absorvido pelas plantas de arroz, seu emprego reduziu a utilização de nitrogênio do solo, demonstrando a sua importância para a manutenção e a melhoria da fertilidade do solo.

Conclusões

O uso exclusivo ou combinado à uréia dos adubos verdes trevo-persa, trevo-branco e cornichão anual supre as exigências de nitrogênio do arroz irrigado, proporcionando desempenho agrônomico e produtivo semelhante ou superior ao desse fertilizante mineral.

A contribuição dos adubos verdes trevo-persa, trevo-branco e cornichão anual para o nitrogênio contido no arroz varia de 19% a 28% do total acumulado pela cultura, sendo favorecida pela associação à uréia.

O fornecimento de nitrogênio da uréia para o arroz irrigado é

influenciado pela dose do nutriente, variando de 11% a 30% do total absorvido pelas plantas.

Referências Bibliográficas

BHARDWAJ, K.K.R.; DEV, S.P. Production and decomposition of *Sesbania cannabina* (Retz) Pers. in relation to its effect on the yield of wetland rice. **Tropical Agriculture**, Turrialba, v. 62, n. 3, p. 233-236, 1985.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. **Recomendações de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 3.ed. Passo Fundo: SBCS, Núcleo Regional Sul, 1995. 224 p.

DIEKMANN, K.H.; OTTOW, J.C.G.; DE DATTA, S.K. Yield and nitrogen response of lowland rice (*Oryza sativa* L.) to *Sesbania rostrata* and *Aeschynomene afraaspera* green manure in different marginally productive soils in the Philippines. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 21, n. 1/2, p. 103-108, 1996.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.

EMBRAPA CLIMA TEMPERADO. **Arroz irrigado**: recomendação técnica da pesquisa para o Sul do Brasil. Pelotas: Embrapa Clima Temperado/IRGA/EPAGRI, 1999. 124 p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 57).

FREIRE, C.J. da S. **Manual de métodos de análise de tecido vegetal, solo e calcário**. Pelotas: EMBRAPA-CPACT, 1998. 208 p.

MANGUIAT, I.J.; GUINTO, D.F.; PEREZ, A.S.; PINTOR, R.M. Response of rainfed lowland rice to green manuring with *Sesbania rostrata*. **Tropical Agriculture**, Turrialba, v. 69, n. 1, p. 73-77, 1992.

REIS, J.C.L. **Pastagens em terras baixas**. Pelotas: EMBRAPA-CPACT, 1998. 35 p. (EMBRAPA CPACT. Circular Técnica, 7).

TANAKA, R.T. A adubação verde. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 7, n. 81, p. 62-67, 1981.

TRIVELIN, P.C.O.; SALATI, E.; MATSUI, E. **Preparo de amostras para análise de ^{15}N por espectrometria de massas**. Piracicaba: CENA, 1973. 41 p. (Centro de Energia Nuclear na Agricultura. Boletim Técnico, 2).

VENTURA, W.; WATANABE, I.; MASCARIÑA, G.B. Mineralization of azolla N and its availability to wetland rice. II. Fertilizer effect and ^{15}N uptake by rice from different species of azolla with varying N contents. **Soil Science and Plant Nutrition**, Tokyo, v. 38, n. 3, p. 505-516, 1992.

ZOYSA, A.K.N.; KEERTHISINGHE, G.; UPASENA, S.H. Effect of *leucaena leucocephala* (Lam) de Wit, as a green manure on nitrogen uptake and yield of rice. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 9, n. 1, p. 68-70, 1990.



Clima Temperado

