

Dinâmica do nitrogênio em solos alagados, contaminação da água de irrigação e rendimento de grãos de arroz em decorrência da aplicação de fertilizantes nitrogenados químicos e orgânicos¹

Ronaldir Knoblauch², Paulo Roberto Ernani³, Francisco Carlos Deschamps⁴, Luciano Colpo Gatiboni⁵, Domingos Sávio Eberhardt⁶ e Henry Stuker⁷

Resumo – Este trabalho teve por objetivo monitorar a formação e a mobilidade do N mineral no solo e avaliar o efeito dos fertilizantes no rendimento de grãos e na contaminação das águas por amônio e nitrato. O experimento foi conduzido no campo, na Epagri/Estação Experimental de Itajaí, nos anos agrícolas 2008/09 e 2009/10. Utilizou-se cama de aves em duas formas de aplicação: a) incorporada 30 dias antes da semeadura; b) incorporada na lama, na véspera da semeadura. Utilizou-se, também, ureia na dose total incorporada, na lama, na véspera da semeadura ou em três coberturas aos 25, 50 e 80 dias após a semeadura. Além desses, utilizou-se um tratamento com Entec 26[®], sendo metade da dose incorporada na lama e metade aos 80 dias após a semeadura. A concentração de N-NH₄⁺ no solo atingiu altos valores nas primeiras semanas após a incorporação dos fertilizantes, diminuindo para valores considerados irrisórios a partir dos 50 dias da semeadura. A maior produtividade de grãos ocorreu nos tratamentos com ureia parcelada e Entec 26[®] na primeira safra, e com ureia parcelada e cama de aves na última safra. Não houve contaminação das águas por amônio nem por nitrato. A incorporação antecipada dos fertilizantes nitrogenados testados é menos eficiente do que as aplicações em cobertura para atender a demanda de N pelas plantas.

Termos de indexação: Fontes de nitrogênio, formas de adubação, arroz em sistema pré-germinado, solos inundados.

Nitrogen dynamics in flooded soils, contamination of irrigation water, and yield of rice grains as a result of the application of organic and chemical nitrogen fertilizers

Abstract – This study aimed to monitor the formation and mobility of mineral N in the soils and to evaluate the effect of these fertilizers on rice yield and contamination of water with ammonium and nitrate. The experiment was carried out in the field at Epagri Experiment Station in Itajaí, SC, southern Brazil, during the 2008/09 and 2009/10 crop seasons. Poultry litter was applied in two forms: a) incorporated 30 days before sowing; b) on mudding, just before rice sowing. The urea was applied in two forms: a) urea in total dose incorporated on mudding just before sowing; b) urea split in three times (25, 50 and 80 days after sowing). Also, we applied Entec 26[®] with half the dose incorporated on mudding and half 80 days after sowing. The concentration of N-NH₄⁺ in the soil reached high values in the first weeks after fertilizer application and fell down 50 days after sowing. The highest grain yield occurred in treatments with split urea and Entec 26[®] in the first season and with split urea and poultry litter in the last season. There was no contamination of the water by ammonium or nitrate. The early incorporation of nitrogen fertilizers tested is less efficient than split urea applications for the demand of N by rice plants.

Index terms: Nitrogen sources, fertilization methods, paddy rice, water-sowing system.

Introdução

Em Santa Catarina, o arroz irrigado (*Oryza sativa* L.) é cultivado no sistema pré-germinado, em que as sementes são previamente germinadas e

depois semeadas em solo alagado. Em decorrência do alto consumo de água e da localização das lavouras nas proximidades de rios e ribeirão, o cultivo do arroz irrigado é motivo de preocupação quanto ao seu potencial

de contaminação dos mananciais de água. Alguns segmentos da sociedade têm sugerido que o agricultor utilize menor quantidade de agroquímicos e cultive o arroz de forma a causar um menor impacto ambiental, ou seja,

Recebido em 26/3/2012. Aceito para publicação em 30/5/2012.

¹ Parte da tese do primeiro autor, apresentada à Universidade do Estado de Santa Catarina (Udesc).

² Engenheiro-agrônomo, Dr., Epagri / Estação Experimental de Itajaí, C.P. 277, 88318-112 Itajaí, SC, fone (47) 3341-5244, e-mail: roni@epagri.sc.gov.br.

³ Engenheiro-agrônomo, Ph.D., Udesc / Centro de Ciências Agroveterinárias (CAV), C.P. 281, 88520-100 Lages, SC, e-mail: a2pre@cav.udesc.br.

⁴ Médico-veterinário, Dr., Epagri / Estação Experimental de Itajaí, e-mail: xicodsc@epagri.sc.gov.br.

⁵ Engenheiro-agrônomo, Dr., Udesc / Centro de Ciências Agroveterinárias (CAV), Lages, SC, e-mail: lgatiboni@cav.udesc.br.

⁶ Engenheiro-agrônomo, M.Sc., Epagri / Estação Experimental de Itajaí, e-mail: savio@epagri.sc.gov.br.

⁷ Engenheiro-agrônomo, Dr., Epagri / Estação Experimental de Itajaí, e-mail: henry@epagri.sc.gov.br.

cultivos considerados orgânicos ou agroecológicos.

O nitrogênio (N) é o nutriente requerido em maior quantidade pelo arroz irrigado. Lopes et al. (1995) testaram quatro cultivares de arroz irrigado e verificaram que para cada quilograma de N aplicado houve aumentos entre 14 e 23,6kg de arroz em casca. Trabalhando com cultivares de ciclo tardio e de alto potencial de produção, Knoblauch et al. (2009) encontraram valores ainda maiores, demonstrando a grande importância do N na produtividade do arroz cultivado sob irrigação por alagamento.

A ureia, por seu elevado conteúdo de N e pelo baixo custo por unidade de nutriente, comparativamente aos demais fertilizantes nitrogenados, destaca-se como o fertilizante nitrogenado mais utilizado nas lavouras de arroz irrigado, sendo aplicadas, em Santa Catarina, mais de 30 mil toneladas a cada safra.

Na produção orgânica de arroz, o N é o principal nutriente limitante (Mattos, 2004). Todavia, a diversificação de fontes alternativas desse nutriente para a cultura do arroz é ainda um desafio para a pesquisa.

Os dejetos animais constituem-se em outra opção que vem sendo utilizada pelos produtores de arroz, sendo a cama de aves o resíduo orgânico mais usado. Todavia, o uso de material orgânico em solos alagados pode causar a poluição dos mananciais por contaminantes biológicos como bactérias e fungos, além dos antibióticos e hormônios. Além disso, na cama de aves a concentração de P_2O_5 é, na média, superior à concentração de N (Rogeri, 2010). A demanda de N pelas plantas de arroz irrigado (90 a 120kg/ha) é, em média, três vezes superior à demanda de P_2O_5 (30 a 40kg/ha de P_2O_5) (Reunião..., 2010). Portanto, a quantidade a ser utilizada de cama de aves para suprir totalmente a demanda de N poderá acarretar o acúmulo de P no solo e ocasionar problemas de proliferação de algas (Sartori, 2009) e de eutrofização das águas de superfície.

Assim, um amplo entendimento da dinâmica do N no solo alagado é fundamental para a racionalização no uso de fertilizantes nitrogenados, tanto

do ponto de vista da produtividade do arroz quanto da qualidade da água. O objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito de fertilizantes minerais e cama de aves na formação de amônio e nitrato em solo alagado, sua mobilidade no perfil do solo e na água de irrigação e drenagem, além de seu efeito na produtividade de grãos de arroz irrigado.

Material e métodos

O experimento foi conduzido em condições de campo, nos anos agrícolas 2008/09 e 2009/10, na Estação Experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri) localizada no município de Itajaí, SC, situada a 26°54'28" S e 48°39'48" W, com clima mesotérmico úmido (Cfa), segundo a classificação de Köppen. O solo da área experimental é um Gleissolo Háptico Tb distrófico, tendo as seguintes características: pH- H_2O = 4,6; índice SMP = 5,4; P = 9mg/kg; K = 54mg/kg; MO = 20g/kg; Al = 1,7cmol_d/dm³; Ca = 2,9cmol_d/dm³; Mg = 0,7cmol_d/dm³; e argila = 420g/dm³.

Utilizaram-se os seguintes tratamentos: 1) testemunha (sem N); 2) cama de aves na dose de 5t/ha (equivalente a 105kg/ha de N), incorporadas, em solo drenado, 30 dias antes da semeadura do arroz; 3) 5t/ha de cama de aves incorporadas por ocasião da formação da lama para semeadura. A cama de aves utilizada nas duas safras possuía, em média, 2,1% de N, 3,2% de P_2O_5 e 3,3% de K_2O ; 4) 105kg/ha de N na forma de ureia, subdivididos em três aplicações iguais, em torno dos 25, 55 e 80 dias após a semeadura do arroz (DAS); 5) 105kg/ha de N na forma de ureia, totalmente incorporados por ocasião da formação da lama para a semeadura do arroz; e 6) 79kg/ha de N na forma de sulfonitrato de amônio (produto comercial Entec 26®), sendo metade aplicada na formação da lama e metade próximo à diferenciação do primórdio floral (\pm 80 DAS).

No primeiro ano agrícola (2008/09), a dose de N utilizada foi de 105kg/ha – inferior à dose recomendada pela Tabela da CQFS (2004), que é de 120kg/ha de N para esse solo. A menor dose utilizada foi devida ao menor risco da ocorrência

de brusone, doença que ocorre em plantas com maior teor de N acumulado. Entretanto, como não houve incidência da doença no primeiro ano agrícola, por conta da boa resistência demonstrada pelo cultivar utilizado, no período 2009/10 utilizou-se, em todos os tratamentos, a dose de N recomendada pela Tabela da Sociedade... (2004), que é de 120kg de N/ha. Nas parcelas com adubação química e na testemunha, aplicou-se fósforo e potássio de acordo com a recomendação da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS). Nas parcelas com cama de aves não foi realizada nenhuma adubação química. As unidades experimentais foram constituídas por parcelas com 7 x 6m, separadas por taipas de barro entre os blocos e chapas de PVC entre as parcelas. Utilizou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso, com quatro repetições. O arroz foi cultivado no sistema pré-germinado conforme recomendado pela Epagri (Epagri, 2002).

Nas duas safras foi utilizado o cultivar SCS114 Andosan. Após a semeadura do arroz, foram realizadas coletas de solo alagado, a cada 7 dias, durante 110 dias, que coincidiu com o estágio de floração. As amostras de solo foram coletadas a uma profundidade média de 12cm, com auxílio de trado tipo holandês, adaptado para coletar solo alagado. As amostras foram homogeneizadas com auxílio de um equipamento elétrico. Após isso, foram retirados aproximadamente 10g de solo úmido (lama) para extração do N mineral, e o restante da amostra foi colocado em estufa para determinação da umidade. A extração do amônio e do nitrato foi realizada com solução de KCl 1mol/L, e a determinação desses íons foi realizada em aparelho semimicro Kjeldahl, conforme Tedesco et al. (1995).

Para a coleta de solução do subsolo foram instalados lisímetros com cápsula de porcelana 50cm abaixo do nível do solo. As coletas foram realizadas aos 30, 60 e 90 dias após a semeadura do arroz. Foram analisados também os teores de amônio e nitrato na água de irrigação e de drenagem das parcelas por ocasião da primeira drenagem, realizada 4 dias após a semeadura, e na drenagem final, realizada 20 dias antes da colheita do arroz.

A produtividade de grãos foi quantificada pela colheita de amostras de 6m² por parcela. As amostras foram trilhadas em trilhadeira estacionária na qual se separaram os grãos da palha. Após a pesagem dos grãos, determinou-se a umidade, e a massa foi convertida para 13% de umidade. O efeito dos tratamentos foi avaliado por meio da análise de variância, e as médias foram comparadas entre si pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

Resultados e discussão

As maiores concentrações de N-NH₄⁺ no solo ocorreram até aproximadamente 54 e 47 dias após a semeadura do arroz nos anos agrícolas 2008/09 e 2009/10 respectivamente, atingindo valores superiores a 50mg/kg (Figura 1). A partir desses períodos, as concentrações do íon no solo caíram para valores inferiores a 20mg/kg no ano 2008/09 e 10mg/kg no ano 2009/10 em todos os tratamentos. O curto período com alta concentração de amônio no solo foi devido ao rápido consumo do N disponível pelas plantas de arroz. Os experimentos foram instalados no início do mês de novembro. Em períodos quentes e com boa disponibilidade de água, as plantas de arroz metabolizam rapidamente o N absorvido, acelerando seu desenvolvimento e, em decorrência,

aumentam significativamente o consumo de N disponível no solo (Fagéria et al., 2003).

Entre os tratamentos que receberam adubos nitrogenados químicos e orgânicos, os maiores teores de N-NH₄⁺ no solo, nas quatro primeiras semanas após a aplicação dos fertilizantes, ocorreram no tratamento no qual a ureia foi 100% da dose incorporada na lama antes da semeadura, atingindo concentrações superiores a 80mg de N-NH₄⁺ por quilo de solo, nas duas safras avaliadas (Figura 1). Já o Entec 26[®] propiciou a segunda maior concentração de amônio no solo na safra 2008/09 e a terceira no ano 2009/10, atingindo valores de 52 e 50mg/kg de N-NH₄⁺ respectivamente. O tratamento com cama de aves incorporada na véspera da semeadura do arroz proporcionou picos de concentração de N-NH₄⁺ no solo de 48 e 65mg/kg nos anos 2008/09 e 2009/10 respectivamente; já quando a cama de aves foi incorporada 30 dias antes da semeadura, os valores atingiram 38 e 55mg respectivamente (Figura 1). No tratamento em que a ureia foi aplicada de forma parcelada, as máximas concentrações de N-NH₄⁺ no solo ocorreram aos 26 e aos 47 dias após a semeadura no ano 2008/09, ou seja, logo após a primeira e a segunda aplicação de ureia, com valores máximos de 28 e 38mg respectivamente,

enquanto no ano 2009/10 o aumento no teor nutriente foi detectado apenas após a primeira aplicação de ureia, realizada aos 25 DAS, a qual atingiu 47mg N-NH₄⁺ por quilo de solo (Figura 1).

Os baixos teores de N-NH₄⁺ no solo, observados a partir dos 54 e dos 47 dias após a semeadura, nos anos agrícolas 2008/09 e 2009/10 respectivamente, mostram que a incorporação dos fertilizantes nitrogenados antes da semeadura do arroz não é uma prática eficiente para nutrir as plantas no período de maior demanda de N, a qual ocorre a partir da fase de perfilhamento pleno (Reunião..., 2010). Isso ocorre porque o N da ureia, mesmo que incorporada ao solo alagado, pode ser perdido por volatilização na forma de amônia (Mikkelsen, 1987; Watanabe, 2009) ou por nitrificação-desnitrificação (Ponnamperuma, 1972; Reddy et al., 1984). No caso da cama de aves, a formação inicial de amônio é proveniente do N amoniacal e do N na forma de ureia contidos nesse fertilizante (Golden, 2006). Portanto, quando a cama de aves é aplicada com antecedência à semeadura do arroz, em ambiente aeróbio, parte do amônio formado pode passar para a forma de nitrato e ser perdida por desnitrificação após o alagamento (Ponnamperuma, 1972; Madruga, 1999). Por outro lado, a liberação do N que está fazendo parte

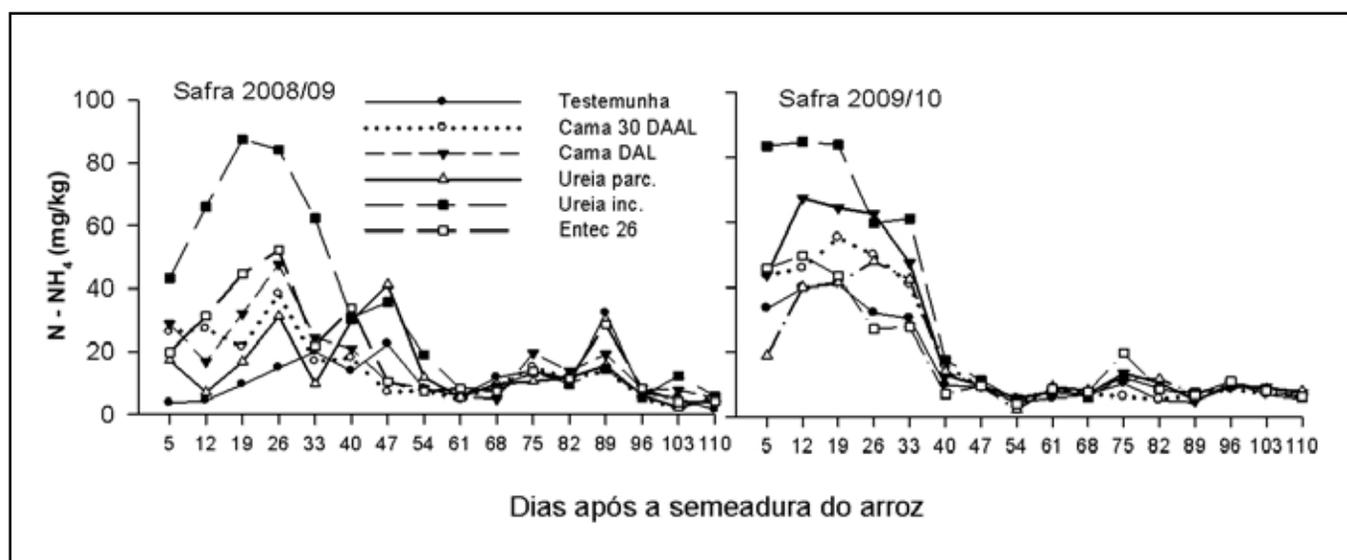


Figura 1. Variação temporal nos teores de N-NH₄⁺ no solo alagado em decorrência da época de aplicação da ureia, Entec 26 e cama de aves. Tratamentos: a) Cama DAL = cama de aves incorporada na lama na véspera da semeadura do arroz; b) Cama 30 DAAL = cama de aves incorporada 30 dias antes da semeadura; c) ureia incorporada = ureia, na dose total, incorporada na lama, na véspera da semeadura do arroz; d) ureia parcelada = ureia aplicada, em três partes iguais, 25, 45 e 85 dias após a semeadura; e) Entec 26 = Entec 26[®] incorporado 50% na formação da lama e 50% em cobertura 85 dias após a semeadura

das estruturas orgânicas desse resíduo é mais lenta em ambiente anaeróbico do que na presença de oxigênio (Ponnamperuma, 1972; Golden et al., 2006) dificultando, dessa forma, a liberação de N nos estádios de maior demanda das plantas.

Os teores de nitrato (N-NO_3^-) no solo não foram consistentes com relação aos tratamentos aplicados e ficaram, na média dos tratamentos, ao redor de 5mg/kg em todas as coletas realizadas no ano 2008/09 (Figura 2). No 2009/10 houve problemas nas análises de nitrato nas amostras e, por isso, os dados não foram apresentados. Todavia, os baixos valores verificados no ano 2008/09 mostram que o nitrato, em solo alagado, não é estável, perdendo-se para a atmosfera por desnitrificação (Buresh et al., 1991).

A concentração de nitrato na água de drenagem variou com os tratamentos de 0,2 a 0,6mg/L de N-NO_3^- na primeira, e de 0 a 0,2mg na segunda drenagem (Tabela 1). Na água de irrigação, o teor N-NO_3^- era de 0,4mg/L. Portanto, a fertilização com adubos nitrogenados não elevou os teores de nitrato na água de drenagem cujas plantas absorveram o íon presente na água de irrigação melhorando, dessa forma, a qualidade ambiental da mesma.

Na primeira drenagem, realizada 4 dias após a semeadura do arroz, os

teores de amônio foram inferiores a 1mg/L de N-NH_4^+ na maioria dos tratamentos, e 1,2mg/L no tratamento com ureia incorporada ao solo. Na água da segunda drenagem, realizada 20 dias antes da colheita, a concentração de amônio era, novamente, insignificante em todas as parcelas (Tabela 1). Já a água utilizada para irrigação, captada do rio Itajaí-Mirim, continha 0,5mg/L de N-NH_4^+ . Isso mostra que a pouca quantidade de amônio que havia na água de irrigação foi consumida pelo arroz antes da segunda drenagem.

Os teores de N mineral na solução do subsolo foram inferiores a 1mg/L de N em todos os tratamentos (Tabela 2). Mesmo havendo diferenças entre alguns valores, elas são muito baixas, já que a resolução do Conama (CONAMA, 2005) admite valores, para água potável, de até 10mg de $\text{N-NO}_3^-/\text{L}$, e o amônio nem sequer é citado na referida resolução.

Os fertilizantes nitrogenados orgânicos e químicos aumentaram a produtividade de grãos de arroz nos dois anos agrícolas (Tabela 3). No ano 2008/09, os maiores rendimentos foram obtidos nos tratamentos com ureia parcelada em três coberturas e com o Entec 26, os quais produziram aproximadamente 10 e 9,1t/ha respectivamente, correspondendo a um acréscimo respectivo de 41% e 28%

relativamente à testemunha (sem N). Já os tratamentos com cama de aves incorporada 30 dias antes da semeadura ou na véspera da semeadura produziram 21% e 18% acima do rendimento da testemunha respectivamente.

No ano agrícola 2009/10, embora tenha sido utilizada maior quantidade de N em todos os tratamentos que receberam adubação nitrogenada, as produtividades de grãos foram, na média dos tratamentos, inferiores aos obtidos na safra anterior (Tabela 3). Essa queda na produtividade é atribuída às intensas chuvas ocorridas na fase de implantação da lavoura e, principalmente, às altas temperaturas ocorridas durante a fase de florescimento e enchimento dos grãos de arroz, o que provocou alta esterilidade das espiguetas; tal esterilidade é tanto mais acentuada quanto maior for o teor de N nas plantas. Dessa forma, a testemunha foi menos afetada pelos eventos climáticos. Tais eventos, além de provocarem a diminuição na produtividade de grãos em todos os tratamentos, ocasionaram, também, uma diminuição nas diferenças entre os tratamentos que receberam adubação nitrogenada e a testemunha (Tabela 3). No ano 2009/10, os maiores rendimentos de grãos ocorreram nos tratamentos com ureia parcelada, cama de aves incorporada na véspera da semeadura e Entec 26, os quais produziram ao redor de 8t/ha (Tabela 3), correspondendo a um acréscimo de aproximadamente 11% relativamente ao tratamento testemunha. Os menores rendimentos ocorreram nos tratamentos com ureia incorporada ao solo antes da semeadura e na testemunha (Tabela 3).

Conclusões

- A incorporação dos fertilizantes nitrogenados, tanto químicos como orgânicos, antes da semeadura do arroz é menos eficiente para disponibilizar N nos estádios de maior demanda das plantas de arroz irrigado, de ciclo tardio, do que o N aplicado de forma parcelada.
- Não houve contaminação da água de drenagem das parcelas e nem do lençol freático por N mineral.

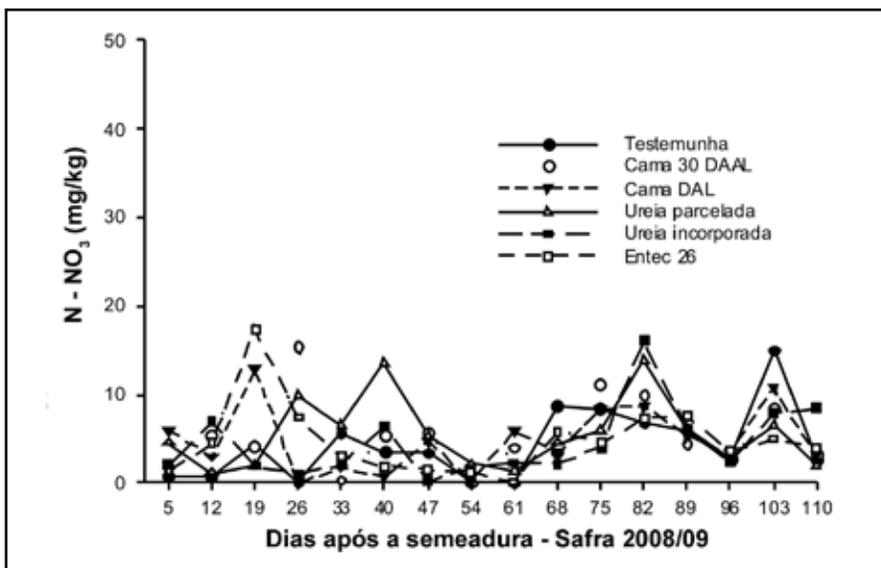


Figura 2. Teores de nitrato (NO_3^-) no solo alagado, no ano agrícola 2008/09, em diferentes épocas após a semeadura do arroz em decorrência da época de aplicação de fertilizantes nitrogenados químicos (ureia e Entec 26) e de cama de aves. Tratamentos conforme descrito na Figura 1

Tabela 1. Teor de N mineral (NH₄⁺ e NO₃⁻) na água de drenagem das parcelas do arroz irrigado, cultivado em sistema pré-germinado, no ano agrícola 2008/09, em decorrência da época e forma de aplicação de fertilizantes nitrogenados químicos (ureia e Entec 26) e de cama de aves. Médias de três repetições

Tratamento	NH ₄ ⁺		NO ₃ ⁻	
	1 ^a	2 ^a	1 ^a	2 ^a
	drenagem	drenagem	drenagem	drenagem
 mg/L			
Testemunha	0,4 b ⁽¹⁾	0,1 ^{ns}	0,3 ^{ns}	0,2 ^{ns}
Cama 30 DAAL	0,4 b	0,1	0,2	0,1
Cama DAL	0,5 b	0,1	0,3	0,1
Ureia parcelada	0,5 b	0,1	0,3	0,1
Ureia incorporada	1,2 a	0,1	0,6	0,0
Entec 26	0,7 ab	0,1	0,5	0,1
Água de irrigação	0,5		0,4	

Tratamentos: a) cama DAL = cama de aves incorporada na lama na véspera da semeadura do arroz; b) cama 30 DAAL = cama de aves incorporada 30 dias antes; c) ureia incorporada = ureia, na dose total, incorporada na lama, na véspera da semeadura do arroz; d) ureia parcelada = ureia aplicada em três partes iguais 25, 45 e 85 dias após a semeadura; e) Entec 26 = Entec 26[®] incorporado 50% na formação da lama e 50% em cobertura 85 dias após a semeadura.

ns = não significativo.

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

Tabela 2. Teor de nitrogênio na solução do subsolo, a 50cm de profundidade, nas parcelas cultivadas com arroz irrigado, em sistema pré-germinado, no ano agrícola 2008/09, em decorrência da época de aplicação de fertilizantes nitrogenados químicos (ureia e Entec 26) e de cama de aves. Médias de três repetições

Tratamento	Teor de N-NH ₄ ⁺			Teor de N-NO ₃ ⁻		
	1 ^a	2 ^a	3 ^a	1 ^a	2 ^a	3 ^a
	coleta	coleta	coleta	coleta	coleta	coleta
 mg/L					
Testemunha	0,2 ^{ns}	0,0 ^{ns}	0,3 ^{ns}	0,0 ^{ns}	0,0	0,0 b ⁽¹⁾
Cama 30 DAAL	0,2	0,1	0,5	0,0	0,1	0,1 b
Cama DAL	0,1	0,2	0,6	0,0	0,0	0,5 b
Ureia parcelada	0,0	0,1	1,0	0,0	0,0	0,8 a
Ureia incorporada	0,0	0,0	0,3	0,0	0,1	0,6 ab
Entec	0,1	0,1	0,4	0,0	0,0	0,0 b

Tratamentos: Conforme descrito na Tabela 1.

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

Tabela 3. Rendimento de grãos de arroz do cultivar SCS114 Andosan, cultivado em sistema pré-germinado, nos anos agrícolas 2008/09 e 2009/10, em decorrência da época e forma de aplicação de fertilizantes nitrogenados químicos (ureia e Entec 26) e de cama de aves. Médias de quatro repetições

Tratamento	Rendimento de grãos (kg/ha)	
	Ano agrícola	
	2008/09	2009/10
Testemunha	7080 c ^{1/}	7186 c ^{1/}
Cama 30 DAAL	8580 b	7926 a
Cama DAL	8380 b	8043 a
Ureia parcelada	9950 a	8110 a
Ureia incorporada	8610 b	7474 bc
Entec 26	9080 ab	7695 ab
CV (%)	7,5	3,6

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

Tratamentos: Conforme descrito na Tabela 1.

Literatura citada

- BURESH, R.J.; DATA, S.K. de; SAMSON, M.I. Dinitrogen and Nitrous Oxide Flux from Urea Basally Applied to Puddled Rice Soils. **Soil Science of America Journal**, v.55, p.268-273, 1991.
- CONAMA – Resolução nº 357 de 17 de março de 2005. Publicada no Diário Oficial da União nº 53 de 18 de março de 2005. Seção 1.
- EPAGRI. **A cultura do arroz irrigado pré-germinado**. Florianópolis, 2002. 273p.
- FAGERIA, N.K.; SLATON, N.A.; BALIGAR, V.C. Nutrient Management for Improving Lowland Rice. Productivity and Sustainability. **Advances in Agronomy**, v. 80, p.63-152, 2003.
- GOLDEN, B.R. et al. Recovery of nitrogen in fresh pelletized poultry litter by rice. **Soil Science Society of America Journal**, v.70, p.1359-1369, 2006.
- KNOBLAUCH, R.; BACHA, R.E.; STUKER, H. et al. Doses de nitrogênio e potássio para adubação do arroz irrigado em sistema pré-germinado. In: CONGRESSO DE ARROZ IRRIGADO, 6., 2009, Porto Alegre, RS. **Anais...** Porto Alegre: Sosbai, 2009. p.187-190.
- LOPES, S.I.G.; LOPES M.S.; MACEDO, V.R.M. Curva de resposta à aplicação de nitrogênio para a cultivar IRGA 416 e três linhagens. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 21., 1995, Porto Alegre, RS. **Anais...** Porto Alegre: Irga, 1995. p.167-168.
- MADRUGA, E.F. **Efeito da aplicação de material vegetal e nitrato sobre a redução do solo**. 1999. 45f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 1999.
- MATTOS, M.L.T. **Carbono e nitrogênio da biomassa e atividade microbiana em um solo cultivado** ▶

com arroz irrigado orgânico e manejado com diferentes adubos verdes. Pelotas, RS: Embrapa Clima Temperado, 2004. p.9-18. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 16).

10. MIKKELSEN, D.S. Nitrogen budgets in flooded soils used for rice production. **Plant Soil**, v.100, p.71-77, 1987.
11. PONNAMPERUMA, F.N. The chemistry of submerged soils. **Advances in Agronomy**, v.24, p.29-96, 1972.
12. REDDY, K.R.; PATRICK Jr, W.H. Nitrogen Transformation and Loss in Flooded Soils and Sediments. **Critical Reviews in Environmental Control**, v.13, n.4, p.273-309, 1984.
13. ROGERI, D. A. **Magnitude das reações do nitrogênio no solo decorrentes da adição de cama de aves e fertilizantes minerais**. 2010, 98f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo. Universidade Estadual de Santa Catarina, Florianópolis, SC. 2010.
14. SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. **Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10.ed. Porto Alegre: SBRS/ Núcleo Regional Sul; Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC, 2004. 394p.
15. REUNIÃO TÉCNICA DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 28, 2010, Bento Gonçalves, RS. **Arroz Irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. Porto Alegre: Sosbai, 2010. 188p.
16. SARTORI, G.M.S.; MARCHESAN, E. ; SILVEIRA, M.V.E. et al. Manejo da adubação e seus efeitos na ocorrência de algas e na produtividade de arroz irrigado em águas com residual de imidazolinonas. In: CONGRESSO DE ARROZ IRRIGADO, 6., 2009, Porto Alegre, RS. **Anais...** Porto Alegre: Sosbai, 2009. p.199-202.
17. TEDESCO, M.J.; VOLKWEISS, S.J.; BOHNEN, H. **Análise de solo, planta e outros materiais**. 2.ed. Porto Alegre: UFRGS/Faculdade de Agronomia, 1995. 174p. (UFRGS. Boletim técnico, 5).
18. WATANABE, T.; SON, T.T.; HUNG, N. et al. Measurement of ammonia volatilization from flooded paddy fields in Vietnam. **Japanese Society of Soil Science and Plant Nutrition**, v.55, p.793-799, 2009. ■

Análise foliar não é bicho de sete cabeças.



A análise química dos tecidos vegetais é recomendada para a avaliação do estado nutricional das plantas. Fundamental para o manejo de pomares e lavouras, o serviço é oferecido exclusivamente pela Epagri em Santa Catarina.



Laboratório de Ensaio Químico

Fone: (49) 3561-2037

E-mail: eeed@epagri.sc.gov.br
Caçador, SC