

# FATORES DE EMISSÃO DE AMÔNIA DE FERTILIZANTES NITROGENADOS NO CULTIVO DE ARROZ IRRIGADO

Walkyria Bueno Scivittaro<sup>1</sup>; Thaís Antolini Veçozzi<sup>2</sup>; Thaís Murias Jardim<sup>3</sup>; Rute Caroline Becker Treptow<sup>2</sup>; Cristina Moreira da Silveira<sup>4</sup>

Palavras-chave: nitrogênio, adubo, perda, fator de emissão

## INTRODUÇÃO

Os fertilizantes nitrogenados apresentam, de forma geral, baixa eficiência de uso de nitrogênio (N), o que limita a produtividade das culturas, onera os custos de produção e ocasiona risco de poluição ambiental. No cultivo de arroz irrigado, esse fato assume fundamental importância devido à dinâmica complexa do N em solos alagados (CASSMAN et al., 1998). Conseqüentemente, o manejo do N é uma prática desafiadora, envolvendo a coordenação de fontes, doses, parcelamentos, épocas e formas de aplicação do nutriente para otimizar o aproveitamento pela cultura (FITTS et al., 2014).

Nos últimos anos, alternativas tecnológicas às fontes convencionais de N, tais como os sistemas de liberação controlada e lenta e fertilizantes contendo aditivos químicos e inibidores de urease e/ou nitrificação, têm sido massivamente liberadas no mercado como forma de elevar a eficiência de fertilizantes nitrogenados. Contudo, essa diversidade de novos produtos ainda precisa ser criteriosamente avaliada com vistas ao estabelecimento de sua eficácia em diferentes sistemas de produção e condições edafoclimáticas, bem como de seu impacto ao meio ambiente.

A volatilização de amônia (NH<sub>3</sub>) é uma importante via de perda de N de fertilizantes nitrogenados (MA et al., 2010), estando fortemente associada à aplicação superficial de ureia, principal fonte de N para os cultivos agrícolas no Brasil. Além da atividade da urease, enzima que controla a taxa de hidrólise da ureia no solo, a intensidade das perdas de NH<sub>3</sub> é influenciada pela interação entre fatores edáficos e ambientais, sendo proporcional à concentração de amônio na solução do solo (XU et al., 1993).

O presente trabalho foi realizado com o objetivo de estabelecer fatores de emissão de amônia (N-NH<sub>3</sub>) para diferentes fertilizantes nitrogenados aplicados à cultura de arroz irrigado.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na Estação Experimental Terras Baixas da Embrapa Clima Temperado, em Capão do Leão, RS, em um Planossolo Háptico Eutrófico típico. Avaliaram-se sete tratamentos, sendo uma Testemunha com omissão da adubação nitrogenada e seis fontes de nitrogênio para o arroz (Ureia, Ureia+NBPT: ureia tratada com o inibidor de urease N-(n-butil) triamida tiofosfórica (NBPT), Ureia+DCD: ureia tratada com o inibidor de nitrificação dicianodiamida (DCD), Ureia+NBPT+DCD: ureia tratada com os inibidores NBPT e DCD, FLC: fertilizante de liberação controlada (ureia recoberta com polímeros de poliácridatos não hidrossolúveis, apresentando 20%, 80% e 100% do N liberado em até 15, 60 e 90 dias após a aplicação, respectivamente) e Sulfato de amônio). Os tratamentos foram dispostos em delineamento de blocos ao acaso com três repetições.

Para os tratamentos com aplicação de fonte de N, a dose utilizada foi de 120 kg ha<sup>-1</sup>, que foi

<sup>1</sup> Eng.ª agr.ª, Dra., Embrapa Clima Temperado, C.P. 403, 96010-971, Pelotas, RS, fone: (53) 3275-8226, e-mail: walkyria.scivittaro@embrapa.br

<sup>2</sup> Gestora ambiental, Doutoranda, PPG em Manejo e Conservação do Solo e da Água, UFPel, email: thais\_antolini@hotmail.com

<sup>3</sup> Acadêmica de Agronomia, UFPel/FAEM, e-mail: thais.murias@hotmail.com; karoltreptow@hotmail.com

<sup>4</sup> Química, MSc., Embrapa Clima Temperado, e-mail: cristina.silveira@embrapa.br

estabelecida com base nos resultados da análise de solo e considerando uma expectativa de resposta alta da cultura à adubação (SOSBAI, 2016). Com exceção do fertilizante de liberação controlada, que foi aplicado integralmente a lanço em superfície, imediatamente antes da semeadura do arroz, as demais fontes de N foram parceladas em três aplicações: localizada no sulco de semeadura ( $15 \text{ kg ha}^{-1}$  de N contidos na formulação utilizada na adubação básica de semeadura) e em cobertura, sendo  $52,5 \text{ kg ha}^{-1}$  de N aplicados no início do perfilhamento (estádio V4) e  $52,5 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, na iniciação da panícula (estádio R0). A primeira adubação nitrogenada em cobertura foi realizada em solo seco, com três dias de antecedência do início da irrigação do arroz, e a segunda, sobre uma lâmina de água não circulante.

Utilizou-se a cultivar de arroz irrigado de ciclo precoce Puitá INTA-CL. Como adubação básica, aplicaram-se  $300 \text{ kg ha}^{-1}$  da formulação 5-25-25. As parcelas relativas aos tratamentos testemunha e com uso de fertilizante de liberação controlada, receberam, porém, a aplicação a lanço de fontes simples de fósforo (superfosfato triplo) e potássio (cloreto de potássio). Esses fertilizantes foram incorporados ao solo com grade em pré-semeadura.

A avaliação das perdas de N por volatilização de  $\text{NH}_3$  foi realizada por um período de 21 dias, por ocasião das adubações nitrogenadas (semeadura, início do perfilhamento e iniciação da panícula). Foram utilizados coletores construídos seguindo modelo proposto por NÖMMIK (1973). Em cada época de avaliação, as determinações de  $\text{NH}_3$  volatilizada foram feitas no 1º; 2º; 4º; 7º; 14º e 21º dias após a aplicação dos fertilizantes, visto que os fluxos de  $\text{NH}_3$  concentram-se no período posterior à aplicação de fertilizantes nitrogenados. Calcularam-se as perdas de  $\text{NH}_3$  derivada dos fertilizantes em cada coleta, subtraindo-se os valores medidos na Testemunha sem N, e as perdas acumuladas ao longo do período de avaliação. Com base na emissão acumulada de  $\text{NH}_3$  derivada dos fertilizantes, calcularam-se os fatores de emissão de  $\text{NH}_3$  de cada fonte de N. As emissões totais de  $\text{NH}_3$  foram analisados de forma descritiva (média  $\pm$  desvio padrão).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na semeadura do arroz, as avaliações de  $\text{NH}_3$  volatilizada restringiram-se aos tratamentos testemunha, ureia e FLC, visto que as demais fontes de N foram utilizadas apenas nas adubações em cobertura. Durante o período de avaliação, as perdas de  $\text{NH}_3$  decorrentes da utilização de ureia e FLC totalizaram  $0,685$  e  $1,161 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, respectivamente, correspondendo, respectivamente, a 4,6% e 1,1% do N aplicado (Tabela 1). Na comparação entre fontes, as perdas decorrentes do FLC estiveram associadas à aplicação da dose integral de N, enquanto que, para a ureia, foram utilizados apenas 12,5% do total. Esse resultado demonstra a efetividade do recobrimento da ureia por polímeros como forma de prevenir perdas de  $\text{NH}_3$  no período subsequente à aplicação ao solo, especialmente quando se considera que a volatilização de  $\text{NH}_3$  da ureia está associada à aplicação do fertilizante em superfície (PHONGPAN et al., 1995), sendo mais intensa quando são aplicadas doses elevadas de N.

Também na primeira cobertura nitrogenada as perdas de  $\text{NH}_3$  foram baixas para todas as fontes de N, variando de  $0,195 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, para o sulfato de amônio, a  $1,344 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, para a ureia tratada com DCD, correspondendo, respectivamente, a 0,4% e 2,6% da quantidade de fertilizante aplicada. A baixa magnitude das perdas de  $\text{NH}_3$  das fontes avaliadas indica que, para o arroz produzido no sistema de semeadura em solo seco, o manejo adequado do N, com a aplicação do fertilizante antecedendo o início da irrigação da cultura, condiciona um ambiente adequado para a manutenção do N da ureia na forma de amônio ( $\text{NH}_4^+$ ), dispensando o uso de fontes de eficiência aumentada para as minimizar perdas por volatilização de  $\text{NH}_3$ . Nessa condição de manejo, o arroz apresenta elevada eficiência de uso do N, alcançando valores entre 65% e 75% do total aplicado (NORMAN et al., 2003). A análise comparativa das fontes de N mostra que, sob manejo adequado do N, o uso do inibidor de urease NBPT não minimizou as perdas de  $\text{NH}_3$ ,

relativamente à ureia. Isso mostra que a efetividade do NBPT está associada a condições que favorecem a volatilização de  $\text{NH}_3$ . O inibidor de nitrificação DCD, sem ação direta sobre a ação da urease, intensificou a volatilização de  $\text{NH}_3$  da ureia, quando utilizado de forma isolada ou associada ao NBPT (Tabela 1). As perdas de  $\text{NH}_3$  derivadas do sulfato de amônio e FLC foram desprezíveis ao longo de todo o período de avaliação, representando menos da metade daquela medida para a ureia. Esse comportamento é atribuído ao fato de o FLC ter sido aplicado integralmente na semeadura, reduzindo o potencial de perdas posteriores. Por sua vez, o sulfato de amônio, por ser um fertilizante com reação ácida no solo, apresenta menor potencial de perdas de N por volatilização de  $\text{NH}_3$  que a ureia (VILLAS BÔAS, 1995).

Na iniciação da panícula, as perdas de  $\text{NH}_3$  foram ainda menores que no início do perfilhamento, variando de  $0,247 \text{ kg ha}^{-1}$  (0,5% do N aplicado), para o sulfato de amônio, a  $0,489 \text{ kg ha}^{-1}$  (0,9% do N aplicado), para a ureia (Tabela 1). As diferenças entre as fontes de N, especialmente aquelas contendo ureia, foram ainda menores que nas avaliações anteriores, a despeito de os fertilizantes terem sido aplicados sobre a lâmina de água, condição favorável a perdas de N por volatilização de  $\text{NH}_3$ . Contudo, no início da fase reprodutiva, a eficiência de absorção de N pelas plantas de arroz é alta, por apresentarem sistema radicular bem desenvolvido localizado na camada superficial do solo, favorecendo a rápida absorção do N aplicado e, portanto, minimizando as perdas de  $\text{NH}_3$  (NORMAN et al., 2003).

A totalização das perdas de N por volatilização de  $\text{NH}_3$  das três épocas de adubação nitrogenada para a cultura de arroz irrigado foi relativamente baixa independentemente da fonte de N. Menores perdas foram determinadas para o sulfato de amônio ( $1,125 \text{ kg ha}^{-1}$  de N). De outra forma, a ureia tratada com o inibidor de nitrificação DCD, isoladamente ou combinado ao inibidor de urease NBPT, proporcionou as maiores perdas de  $\text{NH}_3$  entre as fontes avaliadas, inclusive à ureia comum (Tabela 1). O DCD é um inibidor químico da nitrificação, que elimina ou afeta o metabolismo de bactérias do gênero *Nitrossomonas* (NELSON; HUBER, 1992) e, conseqüentemente, retarda a oxidação do amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) liberado pela ureia a nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), potencializando as perdas por volatilização de  $\text{NH}_3$ . A presença do inibidor NBPT aparentemente minimizou esse efeito, afetando a atividade da urease e hidrólise da ureia. Ao longo do ciclo de cultivo do arroz, o desempenho da ureia recoberta com polímero (FLC) e com o inibidor de urease NBPT foi semelhante ao da ureia comum (Tabela 1), reforçando observações de que, sob manejo adequado do N, a cultura de arroz irrigado apresenta elevada eficiência de uso do N da ureia (NORMAN et al., 2003), equiparando-se a de fontes com eficiência aumentada.

Tabela 1. Perdas de nitrogênio por volatilização de amônia ( $\text{N-NH}_3$ ) derivado de fertilizantes nitrogenados em cultivo de arroz irrigado e fator de emissão de amônia (FE  $\text{NH}_3$ ). Dados relativos às adubações nitrogenadas realizadas na semeadura, início do perfilhamento (V4) e iniciação da panícula (R0). Embrapa Clima Temperado. Capão do Leão, RS. Safra 2016/2017.

Fonte de N <sup>1</sup>	Semeadura	V4	R0	Total	FE $\text{NH}_3$
	----- $\text{kg ha}^{-1}$ de N -----				% N aplicado
Ureia	0,685±0,125	0,417±0,050	0,490±0,286	1,590±0,154	1,590±0,154
Ureia/NBPT	---	0,423±0,071	0,354±0,110	1,460±0,102	1,460±0,102
Ureia/DCD	---	1,344±1,099	0,425±0,232	2,452±0,485	2,452±0,485
Ureia/NBPT+DCD	---	0,771±0,265	0,451±0,026	1,905±0,139	1,905±0,139
FLC	1,161±0,402	0,205±0,042	0,333±0,049	1,697±0,164	1,697±0,164
Sulfato amônio	---	0,195±0,095	0,247±0,058	1,125±0,093	1,125±0,093

<sup>1/</sup> Fontes de N: Ureia; Ureia/NBPT- ureia protegida com o inibidor de urease NBPT; Ureia/DCD- ureia protegida com o inibidor de nitrificação DCD; Ureia/NBPT+DCD- ureia protegida com os inibidores NBPT e DCD; FLC- fertilizante de liberação controlada e Sulfato de amônio.

Com relação ao fator de emissão de  $\text{NH}_3$  das diferentes fontes de N, esse variou de menos de 1%, para o sulfato de amônio, a pouco mais de 2% para a ureia tratada com o inibidor de nitrificação DCD; a ureia e as demais fontes de N apresentaram fatores de emissão de amônia intermediário, próximo de 1,5% (Tabela 1). Independentemente do fertilizante nitrogenado, os valores dos fatores de emissão de  $\text{NH}_3$  determinados no presente estudo em cultivo de arroz irrigado por inundação contínua desenvolvido na região subtropical do Brasil são bem menores que o valor de referência proposto pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas, que é de 10% para  $\text{N-NH}_3$  (IPCC, 1997).

## CONCLUSÃO

No cultivo de arroz irrigado, as perdas de N por volatilização de  $\text{NH}_3$  são pouco significativa, predominando em aplicações realizadas nos estádios iniciais de desenvolvimento da cultura. O sulfato de amônio apresenta menor fator de emissão de  $\text{NH}_3$  (0,94%) que as fontes contendo ureia, variando de 1,21%, para a ureia/NBPT, a 2,04%, para a ureia/DCD. Independentemente da fonte e manejo do N, os fatores de emissão de  $\text{NH}_3$  no cultivo de arroz irrigado são menores que o valor de referência proposto pelo IPCC, de 10%.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CASSMAN, K.G.; PENG, S.; OLK, D.C.; LADHA, J.K.; REICHARDT, W.; DOBERMANN, A.; SINGH, U. Opportunities for increased nitrogen-use efficiency from improved resource management in irrigated rice systems. **Field Crops Research**, v.56, p.7-39, 1998.
- FITTS, P.W.; WALKER, T.W.; KRUTZ, L.J.; et al. Nitrification and yield for delayed-flood rice as affected by a nitrification inhibitor and coated urea. **Agronomy Journal**, v.106, n.5, p.1541-1548, 2014.
- IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change; UNEP. United Nations Environment Programme; OECD. Organization for Economic Co-Operation and Development; IEA. International Energy Agency. **Revised 1996 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (NGGIP)**. Paris: 1997. 3 v. Disponível em: <<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs1.html>>.
- MA, B.L.; WU, T.Y.; TREMBLAY, N.; et al. On-farm assessment of the amount and timing of nitrogen fertilizer on ammonia volatilization. **Agronomy Journal**, v.102, p 134-144, 2010.
- NELSON, D.W.; HUBER, D. Nitrification inhibitors for corn production. Coop. Ext. Serv., Iowa State University of Sci., and Technol. 1992. 6 p. Disponível em: <<http://corn.agronomy.wisc.edu/Management/pdfs/NCH55.pdf>>. Acesso em: 11 out. 2017.
- NÖMMIK, H. The effect of pellet size on the ammonia loss from urea applied to forest soil. **Plant and Soil**, v.39, p.309-318, 1973.
- NORMAN, R.J.; WILSON JR., C.E.; SLATON, N.A. Soil fertilization and mineral nutrition in U.S. mechanized rice culture. In: SMITH, C. W.; DILDAY, R. H. (Ed.). **Rice: origin, history, technology, and production**. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2003. p.331-411.
- PHONGPAN, S.; FRENEY, J.R.; KEERTHISINGHE, D.G.; et al. Use of phenylphosphorodiamidate and N-(n-butyl) thiophosphorictriamide to reduce ammonia loss and increase grain yield following application of urea to flooded rice. **Fertilizer Research**, v.41, p.59-66, 1995.
- SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO - SOSBAI. **Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. Pelotas, RS: SOSBAI, 2016. 197 p.
- VILLAS BÔAS, R. L. **Recuperação do nitrogênio da ureia pelo milho: efeito da mistura com sulfato de amônio, da dose e do modo de aplicação**. 1995. 128f. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, 1995.
- XU, J.G.; HEERAMAN, D.A.; WANG, Y. Fertilizer and temperature effects on urea hydrolysis in undisturbed soil. **Biology and Fertility of Soils**, v.16, p.63-65, 1993.