

EMISSÕES DE ÓXIDO NITROSO E METANO EM ARROZ IRRIGADO ADUBADO COM FERTILIZANTES NITROGENADOS ESTABILIZADOS

Thais Antolini Vecozzi¹; Rogério Oliveira de Sousa²; Walkyria Bueno Scivittaro³; Anderson Dias Silveira⁴; Miguel David Fuentes Guevara⁴; Cristiano Weinert⁵; Victor Raul Cieza Tarrillo⁵

Palavras-chave: solo, gases de efeito estufa, ureia.

INTRODUÇÃO

A disponibilidade de quantidades adequadas de nitrogênio (N) no solo é fator essencial para o bom desenvolvimento das plantas. Logo, a otimização da eficiência dos fertilizantes nitrogenados contribui para a obtenção de produtividades elevadas no arroz irrigado. Além disso, essa é uma maneira de minimizar os fluxos de gases de efeito estufa (GEE) em solos agrícolas, visto que uso de fertilizantes nitrogenados pode elevar as emissões de óxido nitroso (N₂O), por aumentar o conteúdo de formas minerais de N no solo, que são suscetíveis a perdas (DOBBIE e SMITH, 2003), bem como de metano (CH₄), incrementando a produção de biomassa das plantas, facilitando o transporte de CH₄ e elevando a geração exsudatos radiculares, utilizados por bactérias produtoras de CH₄ (LIMA et al., 2008).

O parcelamento da dose de N ao longo do ciclo de cultivo do arroz é uma forma de aumentar a eficiência de uso dos fertilizantes, visto que a ureia, fonte nitrogenada mais utilizada, é suscetível a perdas por volatilização de amônia (NH₃). A substituição da ureia por sulfato de amônio pode minimizar as perdas de N por volatilização de NH₃, no entanto apresenta custo mais alto. Os fertilizantes estabilizados são outra alternativa às fontes nitrogenadas convencionais. Tratam-se de produtos onde uma fonte de N solúvel (normalmente a ureia) é recoberta com aditivos capazes de alterar ou inibir processos enzimáticos e microbianos do solo (GUELFY, 2017).

O objetivo deste trabalho foi avaliar as emissões de N₂O e CH₄, o potencial de aquecimento global parcial e a relação entre o potencial de aquecimento global parcial e o rendimento de grãos em cultivo de arroz irrigado com fertilizantes nitrogenados estabilizados, comparando-os à fontes solúveis.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em condições de campo, na safra 2015/16, em Planossolo Háplico, na Estação Experimental Terras Baixas da Embrapa Clima Temperado, em Capão do Leão, RS. Foram avaliados cinco tratamentos, dispostos em delineamento de blocos ao acaso, com três repetições: Testemunha - omissão da adubação nitrogenada em cobertura; Ureia - ureia, parcelada em duas aplicações em cobertura nos estádios de V4 (quatro folhas) e R0 (iniciação da panícula); Ureia+NBPT - ureia tratada com inibidor de urease NBPT, parcelada em duas aplicações em cobertura em V4 e R0; Ureia+NBPT+DCD - ureia tratada com os inibidores de urease NBPT e de nitrificação DCD (dicianodiamida), parcelada em duas aplicações em cobertura em V4 e R0; Sulfato de amônio - sulfato de amônio, parcelado em duas aplicações em cobertura em V4 e R0.

A recomendação de adubação para a cultura foi estabelecida com base nos resultados da análise de solo e considerando uma expectativa de resposta alta à adubação (SOSBAI, 2016), consistindo na aplicação de 300 kg ha⁻¹ da formulação 5-25-25. Para os tratamentos

¹ Doutoranda em Manejo e Conservação do Solo e da Água, Universidade Federal de Pelotas, Av. Eliseu Maciel, s/n, 96010-610, thais_antolini@hotmail.com.

² Professor Departamento de Solos, Universidade Federal de Pelotas.

³ Pesquisadora, Embrapa Clima Temperado.

⁴ Mestrando em Manejo e Conservação do Solo e da Manejo, Universidade Federal de Pelotas.

⁵ Graduando em Agronomia, Universidade Federal de Pelotas.

com aplicação de N em cobertura, aplicaram-se 105 kg ha⁻¹ de N, parcelado em duas aplicações. A cultivar Puitá Inta-CL foi semeada em 25 de novembro, utilizando-se um espaçamento entrelinhas de 17,5 cm e densidade de 100 kg ha⁻¹ de sementes.

As amostragens do ar foram realizadas semanalmente, das 9:00 às 11:00 horas, da semeadura até a colheita, utilizando o método da câmara estática fechada (MOSIER, 1989). As concentrações de GEE foram determinadas por cromatografia gasosa e os fluxos calculados pela equação: $f = (\Delta Q/\Delta t) \cdot (PV/RT) \cdot (M/A)$, onde Q é a quantidade do gás ($\mu\text{mol mol}^{-1}$ t é o tempo (min), P é a pressão atmosférica (atm) - assumida como 1 atm, V é o volume (L), R é a constante dos gases ideais ($0,08205 \text{ atm L mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$), T é a temperatura (K), M é a massa molar do gás ($\mu\text{g mol}^{-1}$) e A é a área da base (m²). As emissões totais foram calculadas pela integração da área sob a curva dos fluxos diários. Os fatores de emissão de N₂O foram obtidos pela diferença entre a emissão das diferentes fontes de N e a emissão da testemunha sem N, dividida pela dose aplicada de N. Os fatores de emissão de CH₄ foram obtidos pela divisão das emissões totais pelo número de dias de cultivo. Com base nas emissões acumuladas de CH₄ e N₂O e considerando o potencial de aquecimento global (PAG) de cada gás em relação ao CO₂ (25 vezes, para o CH₄, e 298 vezes, para o N₂O), foram calculados o PAGp em CO₂ equivalente (IPCC, 2007).

A colheita do arroz foi realizada na maturação, determinando-se o rendimento de grãos (RG) (130 g kg⁻¹ de umidade). O PAGp e RG foram relacionados através da razão entre os valores de PAGp pelo RG (PAGp/RG kg CO₂ equiv. kg⁻¹ arroz).

Os resultados foram submetidos à análise de variância, comparando-se as médias dos tratamentos pelo teste Tukey ao nível de 5%, através do software Assistat[®].

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de emissão de N₂O e de CH₄ em cultivo de arroz irrigado adubado com diferentes fertilizantes nitrogenados são apresentados na Tabela 1. Os valores de emissão total de N₂O variaram de 0,7 a 1,46 kg ha⁻¹, nos tratamentos Testemunha e Ureia+NBPT, respectivamente. Não houve, porém, diferença entre as fontes de N quanto à emissão de N₂O. Os resultados obtidos confirmam observações de Hube et al. (2017), que não verificaram diferença no uso de ureia com inibidores de urease e nitrificação sobre as emissões de N₂O em cultivo de arroz irrigado, comparativamente à ureia comum. Assim como no presente estudo, os resultados obtidos por Zanatta et al. (2009) mostraram semelhança nas emissões de N₂O de sulfato de amônio e ureia. O fator de emissão de N₂O, índice que considera quanto do fertilizante aplicado foi perdido como N₂O, também não diferiu entre as fontes nitrogenadas testadas, visto que a dose de N foi a mesma para os tratamentos que receberam cobertura com o nutriente. Akiyama et al. (2005) analisaram os fatores de emissão de N₂O em cultivo de arroz irrigado e reportaram, como valor médio, 0,2%, para o sistema irrigado por inundação contínua. Independentemente da fonte nitrogenada, os fatores de emissão determinados encontram-se dentro do limite superior do fator de emissão padrão proposto pelo IPCC (2006), que é de 1% do N aplicado ao solo. Atribui-se esse resultado ao fato de, sob inundação contínua, haver manutenção da condição anaeróbia do solo, que é desfavorável à produção de N₂O.

A Ureia e Ureia+NBPT apresentaram menor emissão total de CH₄, correspondendo a 348 e 269 kg ha⁻¹, respectivamente. Os valores de emissão dos demais tratamentos foram superiores a 400 kg ha⁻¹. Os resultados de fator de emissão de CH₄ seguiram o comportamento da emissão total de CH₄. Portanto, a ureia e a ureia tratada com inibidor de urease NBPT mostraram potencial mitigador de emissões de CH₄, em comparação às demais fontes de N. Corroborando tais resultados, o trabalho de Cai et al. (1997) demonstra que aplicações de ureia nas doses de 100 e 300 kg ha⁻¹ resultaram em reduções de 7% e 14%, respectivamente, comparativamente à testemunha sem N. Estudos mais recentes demonstraram inibição da emissão de CH₄ pelo uso de fertilizantes nitrogenados, como a ureia, em arroz irrigado, provavelmente devido à estimulação de microrganismos metanotróficos, que oxidam o CH₄ e impedem sua emissão (CAI et al., 1997; DONG et al.,

2011). Em fertilizantes nitrogenados contendo sulfato, ainda pode haver inibição dos microrganismos metanogênicos, que produzem o CH₄, devido aos redutores de NO₃⁻ utilizarem acetato e hidrogênio de forma mais eficiente do que os microrganismos metanogênicos (KLÜBER e CONRAD, 1998). Esse efeito não foi constatado, porém, para o uso de sulfato de amônio no presente estudo.

Tabela 1: Emissões totais e fatores de emissão (FE) de N₂O e de CH₄, potencial de aquecimento global parcial (PAGp), potencial de aquecimento global parcial/Rendimento de Grãos (PAGp/RG).

Tratamentos	N ₂ O	FE N ₂ O	CH ₄	FE CH ₄	PAGp	PAGp/RG
	kg ha ⁻¹	%	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹ dia ⁻¹	kg CO ₂ eq. ha ⁻¹	kg CO ₂ eq. kg ⁻¹ arroz
Testemunha sem N	0,70 ^{ns}	-	400,7 ab	2,67 ab	10.226 ab	1,6 a
Ureia	1,08	0,36 ^{ns}	347,6 bc	2,32 bc	9.013 bc	1,0 b
Ureia+NBPT	1,46	0,72	269,1 c	1,79 c	7.162 c	0,7 c
Ureia+NBPT+DCD	0,81	0,11	474,5 a	3,16 a	12.104 a	1,3 b
Sulfato de amônio	0,86	0,16	432,6 ab	2,88 ab	11.073 ab	1,2 b

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).

Os valores de PAGp foram inferiores nos tratamentos com uso de Ureia e Ureia+NBPT, sendo de 9.013 e 7.162 kg CO₂ eq. ha⁻¹, respectivamente. A Testemunha, Ureia+DCD e Sulfato de amônio apresentaram maior emissão de GEE, com valores superiores a 10.000 kg CO₂ eq. ha⁻¹. Yao et al. (2012) determinaram valores de PAG correspondente à 5.370 kg CO₂ eq. ha⁻¹, em cultivo de arroz sem aplicação de N, e de 4.416 kg CO₂ eq. ha⁻¹, com o uso de 150 kg N ha⁻¹ como ureia. No entanto, valores acima de 7.000 kg CO₂ eq. ha⁻¹ são comuns em cultivo de arroz irrigado (LAHUE et al., 2016).

O uso de Ureia+NBPT proporcionou menor emissão de GEE por kg de grãos produzido, com índice PAGp/RG de 0,7 kg CO₂ eq. kg⁻¹ arroz. Os tratamentos com maiores de PAGp/RG foram a Testemunha e Ureia+NBPT+DCD, com os valores 1,6 e 1,3 kg CO₂ eq. kg⁻¹ arroz, respectivamente. Como esse índice expressa a emissão de CO₂ equivalente associada à cada quilograma de grãos produzidos, a ureia tratada com o inibidor de urease NBPT emitiu menos GEE por kg de arroz produzido. Portanto, quando avaliada a emissão de GEE isoladamente, por meio da comparação dos valores de PAGp, a ureia mostrou-se semelhante à ureia com NBPT. No entanto, quando se adiciona o rendimento de grãos na análise das emissões, o cultivo de arroz irrigado com ureia tratada com inibidor de urease mostrou-se mais vantajoso relativamente à ureia comum.

CONCLUSÃO

Os fertilizantes estabilizados ureia+NBPT e ureia+NBPT+DCD não reduzem a emissão de N₂O no cultivo de arroz irrigado, comparativamente à ureia e ao sulfato de amônio. Além disso, o efeito da ureia+NBPT sobre as emissões de CH₄ é comparável ao da ureia, refletindo-se em potenciais de aquecimento global parcial semelhantes. Esse efeito não se mantém para a fonte ureia+NBPT+DCD, que eleva a emissão de CH₄ em relação a ureia e, consequentemente, apresenta maior potencial de aquecimento global parcial.

A relação potencial de aquecimento global parcial/rendimento de grãos em cultivo de arroz irrigado é reduzida pela aplicação de ureia tratada com inibidor de urease NBPT, relativamente a fontes convencionais ureia e sulfato de amônio.

AGRADECIMENTOS

A CAPES, ao CNPq e EMBRAPA pela bolsa de estudos e auxílio à pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKIYAMA, H. et al. Direct N₂O emissions from rice paddy fields: summary of available data. **Global Biogeochemical Cycles**, Washington, US, v. 19, jan. 2005. Disponível em:

<<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2004GB002378/abstract>>. Acesso em: 29 mai. 2017.

CAI, Z. C. et al. Methane and nitrous oxide emissions from rice paddy fields as affected by nitrogen fertilisers and water management. **Plant and Soil**, Dordrecht, NL, v. 196, n. 1, p. 7-14, set. 1997. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1023/A:1004263405020>>. Acesso em: 8 jun. 2017.

DOBBIE, K. E.; SMITH K. Impact of different of N fertilizer on N₂O emissions from intensive grassland. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Dordrecht, NL, v. 67, n. 1, p. 37-46, set. 2003. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1023/A:1025119512447>>. Acesso em: 29 mai. 2017.

DONG, H. et al. Effect of ammonium-based, non-sulfate fertilizers on CH₄ emissions from a paddy field with a typical Chinese water management regime. **Atmospheric Environment**, Amsterdam, NL, v. 40, p. 1095-1101, fev. 2011. Disponível em:

<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S135223101001006X>>. Acesso em: 29 mai. 2017.

GUELFÍ, D. **Fertilizantes nitrogenados estabilizados, de liberação lenta ou controlada**. Piracicaba, SP: IPNI Informações Agronômicas, 2017.

HUBE, S. et al. Effect of nitrification and urease inhibitors on nitrous oxide and methane emissions from an oat crop in a volcanic ash soil. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, NL, v. 238, p.46-55, fev. 2017. Disponível em:

<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167880916303541>>. Acesso em: 29 mai. 2017.

Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC. **Guidelines for national greenhouse gas inventories**. Cambridge, NY: Cambridge University Press, 2006.

IPCC. **Climate Change 2007: The Physical Science Basis**. Contribution of Working Group I to the 5th Assessment Report of the IPCC. Cambridge, NY: Cambridge University Press, 2007.

KLÜBER, H.D.; CONRAD, R. Effects of nitrate, nitrite, NO and N₂O on methanogenesis and other redox processes in anoxic rice field soil. **Federation of European Microbiological Societies Microbiology Ecology**, Amsterdam, NL, v. 25, p. 301-318, mar. 1998. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168649698000117>>. Acesso em: 8 jun. 2017.

LAHUE, G. et al. Alternate wetting and drying in high yielding direct-seeded rice systems accomplishes multiple environmental and agronomic objectives. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, NL, v. 229, p.30-39, ago. 2016. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167880916302754>>. Acesso em: 29 mai. 2017.

LIMA, M. A. et al. **Emissão de Metano em Sistemas de Produção de Arroz Irrigado: Quantificação e Análise**. Brasília, DF: MCT e EMBRAPA, 2008.

MOSIER, A.R. Chamber and isotope techniques. In: ANDREAE, M.O.; SCHIMMEL, D.S. **Exchange of trace gases between terrestrial ecosystems and the atmosphere: report of the Dahlem Workshop**. Berlin, DE: Wiley, 1989. p.175-187.

SOSBAI - Sociedade Sul-Brasileira de arroz irrigado. **Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. Pelotas, RS: SOSBAI, 2016.

YAO, Z. et al. A 3-year record of N₂O and CH₄ emissions from a sandy loam paddy during rice seasons as affected by different nitrogen application rates. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, NL, v. 152, p. 1-9, mai. 2012. Disponível em:

<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167880912000588>>. Acesso em: 29 mai. 2017.

ZANATTA, J. A. **Emissão de óxido nitroso afetada por sistemas de manejo do solo e fontes de nitrogênio**. 2009. 79 f. Tese (Doutorado) –, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.