

TRABALHO CONTEMPLADO COM O PRÊMIO IPNI BRASIL EM NUTRIÇÃO DE PLANTAS, CATEGORIA JOVEM PESQUISADOR – 2012

REDUÇÃO DE PERDAS DE NITROGÊNIO POR VOLATILIZAÇÃO PELO USO DE INIBIDOR DE UREASE E MANEJO DA IRRIGAÇÃO EM MILHO

*Fernando Viero¹
Simara da Luz Correia²
Guilherme Batista Menegat²*

*Paulo Regis Ferreira da Silva³
Cimélio Bayer⁴
Eduardo Carnief⁵*

INTRODUÇÃO

Vários fatores contribuem para a ocorrência de baixos rendimentos de milho. Dentre esses, o manejo da adubação nitrogenada tem gerado grande lacuna entre o rendimento médio de grãos, obtido em lavouras comerciais, e os rendimentos máximos obtidos em experimentos conduzidos sob condições ótimas de manejo, que têm sido de até 18,6 t ha⁻¹ (SCHMITT et al., 2011).

O nitrogênio (N) é um dos nutrientes demandados em maior quantidade pela cultura do milho. Seu suprimento adequado tem implicações técnicas, quanto ao desempenho e à lucratividade da cultura, e ambientais, pelo alto potencial de perdas (FONTOURA e BAYER, 2009). Dentre os diversos fertilizantes nitrogenados disponíveis no mercado para adubação nitrogenada de cobertura na cultura do milho, a ureia é o mais difundido. No entanto, a eficiência da adubação nitrogenada é altamente influenciada pelas condições ambientais e de manejo da lavoura, apresentando uma dinâmica extremamente complexa, o que pode refletir em baixa eficiência da adubação via fertilização mineral, raramente excedendo 50% da dose aplicada (LARA CABEZAS et al., 2000).

A baixa eficiência desse fertilizante tem sido atribuída, entre outros fatores, à volatilização da amônia, como observada em casos registrados em experimentos a campo, nos quais as perdas atingiram até 78% do nitrogênio aplicado via fertilizante em cobertura (LARA CABEZAS et al., 1997; FONTOURA e BAYER, 2010).

Para aumentar a eficiência da adubação nitrogenada e reduzir as perdas por volatilização, várias alternativas têm sido apresentadas. Dentre essas, a adição de inibidores da urease à ureia apresenta grande potencial. Inibidores de urease são geralmente utilizados em fontes de N que apresentam alto potencial de perdas por volatilização, como a ureia, e em situações nas quais o manejo não permite a incorporação do produto ao solo, como no sistema plantio direto (CANTARELLA et al., 2008).

Além da fonte de N utilizada, as condições climáticas, principalmente a disponibilidade hídrica, e o manejo da adubação nitrogenada influenciam a eficiência da fonte de N utilizada. A precipitação pluvial pode aumentar as perdas de N, pois a adição de água ao solo permite que ocorra a dissolução da ureia e início da hidrólise. Por outro lado, a precipitação em volumes adequados tem o potencial para transporte de ureia e N amoniacal em profundidade no solo, aumentando a adsorção e reduzindo as perdas por volatilização. Segundo Kissel et al. (2004), em um solo franco-arenoso, 10 a 20 mm são considerados suficientes para incorporar a ureia e reduzir ou mesmo eliminar perdas de amônia em áreas de solo descoberto.

Sendo assim, para a realização deste trabalho propôs-se determinar as perdas de nitrogênio por volatilização de amônia de duas fontes de N, sob três sistemas de manejo da irrigação, durante e após as aplicações da adubação nitrogenada de cobertura na cultura do milho.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido a campo na Estação Experimental Agronômica, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (EEA-UFRGS), no município de Eldorado do Sul (30° 06' S, 51° 40' O e 56 m altitude), na estação de crescimento 2011/12. O clima da região é subtropical úmido, de verão quente, do tipo fundamental "Cfa", conforme classificação climática de Köppen. O solo da área experimental é classificado como Argissolo Vermelho Distrófico típico (STRECK et al., 2008).

Os tratamentos constaram da aplicação de duas fontes de N (ureia e ureia com inibidor da urease) e de três sistemas de manejo da irrigação na cultura do milho: irrigação imediatamente anterior à adubação, irrigação imediatamente após a adubação e irrigação somente aos sete dias após a adubação. A dose única de N utilizada foi de 150 kg ha⁻¹ de N, aplicada no estádio V7, conforme escala de Ritchie et al. (1993). Uma testemunha sem aplicação de N em cobertura foi incluída. Procedeu-se a irrigação do milho

Abreviações: IAA = irrigação antes da adubação; IPA = irrigação posterior à adubação; I7DAA = irrigação sete dias após adubação; EEA-UFRGS = Estação Experimental Agronômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul; N = nitrogênio; SN = sem nitrogênio; U = ureia; UI = ureia com inibidor de urease.

¹ Doutorando do Departamento de Solos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS; e-mail: fernandoviero@gmail.com

² Mestranda (o) do PPG Fitotecnia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS.

³ Docente Convocado do Departamento de Plantas de Lavoura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS.

⁴ Professor Associado do Departamento de Solos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS.

⁵ Estudante de Agronomia, Bolsista de IC do Departamento de Solos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS.

imediatamente anterior ou posterior à adubação, 20 mm de lâmina d'água, e, nas parcelas com irrigação somente sete dias após a adubação, utilizou-se cobertura plástica para proteção das parcelas.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, dispostos em parcelas subdivididas, com quatro repetições. Nas parcelas principais foram locados os sistemas de manejo da irrigação e nas sub-parcelas as fontes de N. O híbrido de milho Dow 2B710HR foi semeado em 17 de outubro de 2011, na densidade de 8 plantas por metro quadrado.

Para avaliação da volatilização de N-NH₃ utilizou-se coletor do tipo semi-aberto estático descrito por Nömmik (1973), com alterações propostas por Cantarella et al. (1999). Sete bases por subparcela foram utilizadas, o que permitiu a utilização de uma base por coleta. As coletas foram realizadas aos 1, 2, 3, 5, 7, 10 e 12 dias após a aplicação das fontes nitrogenadas. O NH₄⁺ retido no disco absorvedor foi extraído com solução de KCl 1 mol L⁻¹, coletada em balão volumétrico de 500 mL. Uma alíquota de 20 mL foi retirada desse volume à qual foi adicionada 0,2 g de MgO e submeteu-se à destilação com arraste a vapor em semi-micro Kjeldahl. A quantidade de N-NH₃ volatilizado foi calculada com base no volume total da solução utilizada para lavagem das esponjas (500 mL), sendo os resultados expressos em taxas diárias de volatilização de N-NH₃ (kg ha⁻¹). Descontando a volatilização de N do tratamento sem adubação nitrogenada, calculou-se a volatilização acumulada de N-NH₃ de cada fonte, que foi expressa como proporção (%) da dose de N aplicada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

• Taxa de volatilização diária

As maiores taxas de volatilização diária nos tratamentos com ureia comum e ureia com inibidor de urease concentraram-se nos cinco primeiros dias após a aplicação dos fertilizantes (Figura 1a, b e c).

Quando a irrigação foi realizada antes da aplicação dos fertilizantes, o pico de volatilização da ureia comum ocorreu no segundo dia após a adubação, com perda de 16,7 kg ha⁻¹ dia⁻¹, porém, quando adicionado o inibidor de urease à ureia, esse pico de volatilização ocorreu no terceiro dia após a adubação, atingindo um máximo de 4,3 kg ha⁻¹ dia⁻¹ (Figura 1a). Esse resultado é semelhante ao encontrado por Duarte et al. (2007), que registraram maiores perdas de N por volatilização entre o segundo e o terceiro dia após a aplicação, sendo que, após o quarto dia da aplicação, praticamente não houve perdas. Segundo Clay et al. (1990), a taxa de volatilização de NH₃ a campo, proveniente da aplicação de ureia, é maior quando a época de aplicação coincide com a temperatura máxima diária do solo e o decréscimo do teor de água do solo, logo nos primeiros dias após a aplicação do fertilizante.

Com a irrigação realizada imediatamente após a adubação nitrogenada, os picos de volatilização diária foram reduzidos com a aplicação de ambas as fontes de adubo nitrogenado (Figura 1b). As maiores perdas ocorreram também nos dois primeiros dias após a adubação, mas os picos de volatilização de N, tanto da ureia quanto da ureia com inibidor de urease, estiveram abaixo de 3 kg de N ha⁻¹ dia⁻¹. Essas baixas taxas diárias são resultantes da incorporação e da distribuição do fertilizante no perfil do solo, que se manteve no solo na sua forma mineral e adsorvido nos sítios de troca de cátions. Ao aplicar a ureia comum em solo seco (0,13 kg kg⁻¹ de água no solo) a maior perda diária também ocorreu no segundo dia após a aplicação do fertilizante. No entanto, esse pico de volatilização esteve abaixo de 10 kg de N ha⁻¹ dia⁻¹ (Figura 1c). É importante ressaltar que, apesar dessa perda diária ter sido menor do que quando aplicada após a irrigação, as perdas mantiveram-se por um maior período, não se concentrando apenas nos primeiros dias após a aplicação. Isso pode ter ocorrido pelo fato de o fertilizante não ter sido totalmente incorporado no solo, permanecendo na sua superfície. No tratamento em que foi aplicada ureia com inibidor de urease em solo seco não ocorreu um pico de volatilização propriamente dito, mas as perdas se mantiveram baixas em todo o período (< 1,7 kg ha⁻¹ de N dia⁻¹), com pequena tendência de aumento a partir do sétimo dia após a adubação.

As perdas de N-NH₃ no final do período amostral são baixas para ambas as adubações, próximas às perdas naturais do solo, registradas no tratamento sem aplicação de N em cobertura nos diferentes manejos da irrigação.

• Perdas acumuladas de N

As perdas acumuladas de N da ureia por volatilização da amônia foram muito influenciadas pelos diferentes manejos de irrigação empregados e pela utilização de inibidor de urease. As maiores perdas de N dos fertilizantes ocorreram quando foi realizada adubação com ureia comum com irrigação anterior à aplicação e quando foi procedida irrigação apenas sete dias após a adubação (Tabela 1). Essas perdas de N por volatilização foram de aproximadamente 42 e 38 kg ha⁻¹, respectivamente, o que representa perdas de 27% e 22 % do N aplicado via fertilizante, respectivamente.

A perda de N por volatilização é potencializada com maior umidade do solo e elevada temperatura do ar. Nessas condições, as perdas de N-NH₃ são maiores e mais rápidas, pois ocorre a completa dissolução dos grânulos e a temperatura alta favorece a atividade da urease, conseqüentemente há maior taxa de hidrólise da ureia. A maior umidade do solo também facilita a difusão ascendente de amônia, que ocorre juntamente com a evaporação da água do solo

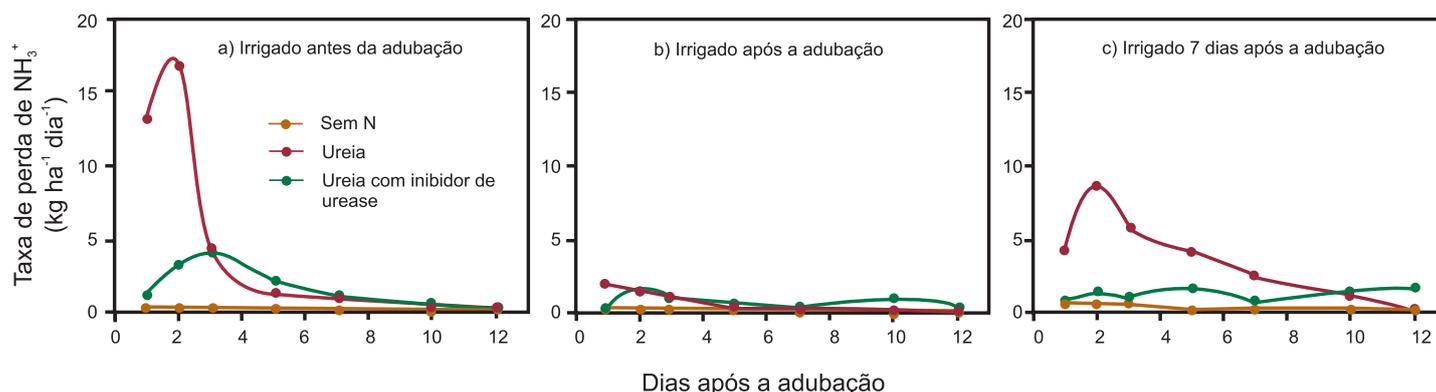


Figura 1. Perdas diárias de nitrogênio por volatilização da amônia do tratamento testemunha (sem nitrogênio) e da ureia comum e ureia com inibidor de urease aplicadas imediatamente após a irrigação (a) e imediatamente anterior à irrigação (b) e irrigado somente aos sete dias após a adubação (c).

(AL-KANANI et al., 1991). No entanto, no sistema de manejo com irrigação apenas aos sete dias após a adubação, o processo de hidrólise da ureia ocorreu mesmo com a baixa umidade inicial do solo presente nas parcelas (0,13 kg kg⁻¹) e a própria umidade relativa do ar, que durante o período amostral esteve na média de 84%. Segundo Bouwmeester et al. (1985), a umidade relativa do ar está diretamente relacionada à formação de orvalho que, em determinadas situações, é suficiente para solubilizar o fertilizante e iniciar o processo de hidrólise enzimática.

Quando a irrigação foi realizada imediatamente após a aplicação dos fertilizantes, as perdas de nitrogênio por volatilização foram baixas (Tabela 1). As perdas acumuladas de ureia nesse sistema de manejo de irrigação foram reduzidas para aproximadamente 4% do N aplicado via fertilizante, muito inferior àquelas registradas nos demais sistemas de manejo da irrigação. Essa redução nas perdas de N em ambas as fontes de adubo nitrogenado é decorrente do movimento do amônio proveniente da ureia, tanto lateral como verticalmente, que a adição de água promove a partir da camada superficial para a camada subsuperficial do solo, levando a maior contato com o solo e ficando retido às cargas negativas do mesmo (DAWAR et al., 2011; SANZ-COBENA et al., 2011).

Tabela 1. Perdas acumuladas de nitrogênio por volatilização de amônia com o uso de duas fontes de N em três sistemas de manejo da irrigação na cultura do milho.

| Tratamentos ¹ | IAA ² | IPA ³ | I7DAA |
|--------------------------|------------------------------------|------------------|---------|
| | ----- (kg ha ⁻¹) ----- | | |
| SN | 2,8 Ab ⁴ | 2,8 Ab | 4,2 Ac |
| U | 42,8 Aa | 8,1 Ba | 37,7 Aa |
| UI | 18,6 Ab | 8,7 Ba | 15,7 Ab |

¹ SN = sem nitrogênio; U = ureia; UI = ureia com inibidor de urease.

² IAA = irrigação antes da adubação; IPA = irrigação posterior à adubação; I7DAA = irrigação sete dias após adubação.

³ Fertilizante aplicado imediatamente após a irrigação.

⁴ Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey no nível de 5% de significância. Letras maiúsculas comparam entre colunas (manejos da irrigação) e letras minúsculas comparam entre linhas (tratamentos).

A adição de inibidor de urease à ureia também influenciou a magnitude de perdas de N por volatilização de amônia nos diferentes sistemas de manejo de irrigação, exceto quando foi realizada irrigação imediatamente após a adubação.

Em relação aos tratamentos com ureia comum, as perdas por volatilização de amônia foram reduzidas em aproximadamente 57% quando adicionado inibidor de urease à ureia, aplicadas imediatamente após a irrigação e com irrigação aos sete dias posterior à adubação. Essa redução nas perdas demonstra a eficiência do inibidor de urease na redução da volatilização quando as condições ambientais são favoráveis a perdas de N, como umidade e temperaturas elevadas. Segundo Cantarella et al. (2008), o uso de inibidor de urease pode proporcionar reduções de 15% a 78% nas perdas por volatilização, que são dependentes das condições meteorológicas nos dias posteriores à aplicação de N.

A umidade do solo no dia da adubação é um fator importante nas perdas de N por volatilização. No entanto, deve-se observar se essa umidade do solo, proveniente de uma chuva ou da irrigação, ocorreu anterior ou posterior à adubação. A umidade do solo no dia da adubação, coletada imediatamente após a instalação dos coletores, foi similar nos dois sistemas de irrigação, irrigado

imediatamente anterior e posterior à adubação (0,17 e 0,18 kg kg⁻¹, respectivamente), entretanto, no primeiro caso a irrigação contribuiu para criar um ambiente favorável à volatilização (alta umidade), enquanto no segundo caso o fertilizante foi incorporado pela aplicação da lâmina d'água. Com a irrigação realizada sete dias após a adubação observou-se pequena redução na volatilização, sendo que a aplicação de irrigação (20 mm) contribuiu para incorporar o N remanescente na superfície do solo, pois nesse tratamento ainda estava ocorrendo perdas de N por volatilização.

CONCLUSÕES

1. A adubação nitrogenada em cobertura imediatamente antes da irrigação do milho reduz as perdas de N por volatilização de amônia, independentemente da fonte de N utilizada.

2. A utilização de ureia com inibidor da urease reduz as perdas de N por volatilização de amônia quando aplicado imediatamente após a irrigação e em solo seco.

REFERÊNCIAS

- AL-KANANI, T.; MACKENZIE, A. F.; BARTHAKUR, N. N. Soil water and ammonia volatilization relationships with surface-applied nitrogen fertilizer solutions. *Soil Science Society of America Journal*, v. 55, p. 1761-1766, 1991.
- BOUWMEESTER, R. J. B.; VLEK, P. L. G.; STUMPE, J. M. Effect of environmental factors on ammonia volatilization from a urea-fertilized soil. *Soil Science Society of America Journal*, v. 49, p. 376-381, 1985.
- CANTARELLA, H.; ROSSETO, R.; BARBOSA, W.; PENNA, M. J.; RESENDE, L. C. L. Perdas de N por volatilização da amônia e resposta da cana-de-açúcar à adubação nitrogenada em sistema de colheita de cana sem queima prévia. CONGRESSO NACIONAL DA STAB. Londrina: STAB, 1999. p. 1-5.
- CANTARELLA, H.; TRIVELIN, P. C. O.; CONTIN, T. L. M.; DIAS, F. L. F.; ROSSETTO, R.; MARCELINO, R.; COIMBRA, R. B.; QUAGGIO, J. A. Ammonia volatilisation from urease inhibitor-treated urea applied to sugarcane trash blankets. *Scientia Agricola*, v. 65, p. 397-401, 2008.
- CLAY, D. E.; MALZER, G. L.; ANDERSON, J. L. Ammonia volatilization from urea as influenced by soil temperature, soil water content, and nitrification and hydrolysis inhibitors. *Soil Science Society of America Journal*, v. 54, p. 263-266, 1990.
- DAWAR, K.; ZAMAN, M.; ROWARTH, J.; BLENNERHASSETT, J.; TURNBULL, M. Urea hydrolysis and lateral and vertical movement in the soil: effects of urease inhibitor and irrigation. *Biology and Fertility of Soils*, v. 47, p. 139-146, 2011.
- DUARTE, F. M.; POCOJESKI, E.; SILVA, L. S.; GRAUPE, F. A.; BRITZKE, D. Perdas de nitrogênio por volatilização de amônia com aplicação de ureia em solo de várzea com diferentes níveis de umidade. *Ciência Rural*, v. 37, p. 705-711, 2007.
- FONTOURA, S. M. V.; BAYER, C. Adubação nitrogenada para alto rendimento de milho em plantio direto na região centro-sul do Paraná. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 33, p. 1721-1732, 2009.
- FONTOURA, S. M. V.; BAYER, C. Ammonia volatilization in no-till system in the south-central region of the State of Paraná, Brazil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 34, p. 1677-1684, 2010.
- KISSEL, D. E.; CABRERA, M. L.; VAIO, N.; CRAIG, J. R.; REMA, J. A.; MORRIS, L. A. Rainfall timing and ammonia loss from urea in a loblolly pine plantation. *Soil Science Society of America Journal*, v. 68, p. 1744-1750, 2004.
- LARA CABEZAS, W. A. R.; KORNDÖRFER, G. H.; MOTTA, S. A. Volatilização de N-NH₃ na cultura de milho: II. Avaliação de fontes sólidas e fluídas em sistema de plantio direto convencional. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 21, p. 489-496, 1997.
- LARA CABEZAS, W. A. R.; TRIVELIN, P. C. O.; KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, S. Balanço da adubação nitrogenada sólida e fluída de cobertura na cultura de milho, em sistema de plantio direto no Triângulo Mineiro (MG). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 24, p. 363-376, 2000.
- 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.
- RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. J.; BENSON, G. O. *How a corn plant develops*. Ames, Iowa State University, 1993. 26 p.
- SANZ-COBENA, A.; MISSELBROOK, T.; CAMP, V.; VALLEJO, A. Effect of water addition and the urease inhibitor NBPT on the abatement of ammonia emission from surface applied urea. *Atmospheric Environment*, 45:1517-1524, 2011.
- SCHMITT, A.; SANGOI, L.; VIEIRA, J.; PICOLI, G. J.; COSTA, T. E.; SCHENATTO, D. E.; GIORDANI, W.; MARIANNO, F. H. F.; MACHADO, G. C.; FERREIRA, M. A.; BONIATTI, C.; GIRARDI, D.; BIANCHET, P. Estratégias de manipulação do arranjo de plantas para otimizar o rendimento de grãos do milho num ambiente de alto manejo. In: REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO MILHO, 56., 2011, Ijuí. Emater/Fepagro, 2011. p. 37-37.
- STRECK, E. V.; KAMPF, N.; DALMOLIN, R. C. D. *Solos do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: Emater-RS, 2008. 222 p.