

Práticas de manejo para mitigar perdas de nitrogênio da ureia por volatilização em milho irrigado

Eduardo Carniel⁽¹⁾, Fernando Viero⁽²⁾, Tamires Barros da Silva⁽¹⁾, Guilherme Menezes⁽³⁾, Paulo Regis Ferreira da Silva⁽⁴⁾, Cimélio Bayer⁽⁵⁾

⁽¹⁾ Estudante de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS. Email: duducarniel@gmail.com; tamibs@hotmail.com. ⁽²⁾ Doutorando do Departamento de Solos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS. E-mail: fernandoviero@gmail.com. ⁽³⁾ Mestrando PPG Fitotecnia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS. E-mail: menezes_fritz@yahoo.com.br. ⁽⁴⁾ Docente Convocado do Departamento de Plantas de Lavoura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS. E-mail: 00004009@ufrgs.br. ⁽⁵⁾ Professor Associado do Departamento de Solos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS. E-mail: cimelio.bayer@ufrgs.br.

RESUMO: A redução de perdas de nitrogênio (N) por volatilização pode aumentar a eficiência da adubação nitrogenada de cobertura no milho e, em consequência, o rendimento de grãos. O objetivo deste trabalho foi verificar a influência da irrigação, da adição de inibidor de urease e da época de semeadura sobre as perdas de N por volatilização da ureia e o rendimento de grãos de milho irrigado. O trabalho foi conduzido no município de Eldorado do Sul-RS e consistiu da aplicação de ureia comum e ureia com inibidor de urease nas doses de 100 e 200 kg ha⁻¹ de N, imediatamente anterior e posterior à irrigação e em solo seco, com irrigação somente sete dias após a adubação, em duas épocas de semeadura (20 de agosto e 20 de outubro de 2012). O delineamento experimental foi de blocos casualizados, dispostos em parcelas divididas, com quatro repetições. As coletas para quantificação de amônia foram realizadas 1, 2, 3, 5, 7, 9 e 12 após a aplicação da adubação, com coletor semiaberto, rotacionado. As perdas de N por volatilização são reduzidas pela adição de inibidor de urease à ureia, pelo uso da irrigação após a adubação e pela antecipação da época de semeadura do milho para agosto. O rendimento de grãos aumenta com o uso de ureia com inibidor de urease em relação à ureia comum, especialmente quando se irriga após a adubação. A magnitude de ganho de rendimento com uso da ureia com inibidor da urease é menor na época de semeadura mais tardia (outubro).

Termos de indexação: *Zea mays* L.; fontes e doses de N aplicado; época de semeadura.

INTRODUÇÃO

A elevada perda de nitrogênio (N) da ureia, por volatilização de amônia, é um dos principais fatores que restringem a obtenção de altos rendimentos de milho. Sendo esta uma cultura altamente exigente em fertilizantes, principalmente os nitrogenados, o suprimento adequado de nutrientes é fundamental para a obtenção de altos rendimentos (Fontoura & Bayer, 2009).

No entanto, quanto maiores forem as doses de N aplicadas, maior será o potencial de perda (Tasca et al., 2011), resultando em baixa eficiência da adubação nitrogenada, que é dependente das condições meteorológicas e de manejo da lavoura, e em menor rendimento de grãos (Pereira et al., 2009).

A determinação da época ideal de aplicação do fertilizante deve coincidir com temperatura e umidade adequadas para redução destas perdas. Além disso, devem ser observadas as condições meteorológicas vigentes nos dias seguintes à adubação (Rawluk et al., 2001). Essas condições podem ser alteradas com o manejo da irrigação, que pode minimizar perdas e maximizar a absorção de N pelo milho.

Sob condições em que o uso de irrigação não é possível, a utilização de fertilizantes nitrogenados com adição de inibidor de urease pode ser uma alternativa para reduzir a perda de N por volatilização e aumentar a eficiência da adubação nitrogenada (Cantarella et al., 2008), resultando em maior rendimento de grãos.

O objetivo deste trabalho foi verificar a influência da irrigação, da adição de inibidor de urease e da época de semeadura sobre as perdas de N por volatilização da ureia e o rendimento de grãos de milho.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido a campo na Estação Experimental Agrônômica, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, no município de Eldorado do Sul (30° 06' S, 51° 40' O e 56 m de altitude), na estação de crescimento 2012/13. 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), duas doses de N (100 e 200 kg ha⁻¹) e três sistemas de manejo da irrigação: adubação posterior à irrigação (API), adubação anterior à irrigação (AAI) e

adubação em solo seco (ASS), com irrigação somente sete dias após a adubação, em duas épocas de semeadura (20 de agosto e 20 de outubro de 2012), em sucessão à aveia branca.

As doses de N utilizadas foram aplicadas no estádio V₇, conforme escala de Ritchie et al. (1993). A irrigação foi realizada imediatamente anterior ou posterior à adubação e, nas parcelas com irrigação somente aos sete dias após a adubação, utilizou-se cobertura plástica para impedir a precipitação pluvial.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, dispostos em parcelas divididas, com quatro repetições. Nas parcelas principais foram locados os sistemas de manejo da irrigação e nas subparcelas a combinação de fontes e doses de N aplicado.

Para avaliação da volatilização de N-NH₃, utilizou-se coletor do tipo semiaberto estático, rotacionado (Cantarella et al., 1999), com sete bases por subparcela, que permitiu a utilização de uma base por coleta. As coletas foram realizadas aos 1, 2, 3, 5, 7, 9 e 12 dias após aplicação dos fertilizantes.

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 semimicro Kjeldahl. Os resultados foram expressos em perdas acumuladas de N-NH₃ de cada fonte de N (kg ha⁻¹) e expressa como proporção (%) da dose de N aplicada.

Para avaliação do rendimento de grãos, expresso na umidade de 13%, foi utilizada uma área útil de 10 m².

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na primeira época de semeadura do milho, a maior perda de N por volatilização ocorreu quando a ureia comum, na maior dose (200 kg ha⁻¹) foi aplicada em solo úmido, imediatamente após irrigação (25 mm), sendo esta mais expressiva nos três primeiros dias após a adubação (Figura 1a). Após esse período, o processo de volatilização, provavelmente, está limitado por fatores que afetam a disponibilidade de NH₃, tais como secagem do solo, adsorção de NH₄⁺ no complexo de troca do solo, oxidação e acidificação do NH₄⁺, reduzindo as perdas (Rochette et al., 2009).

Nesse mesmo sistema de irrigação, as perdas verificadas nos demais tratamentos (100 U, 100 UI e 200 UI) foram menores que a do 200 U, porém não diferiram entre si (Tabela 1). Apesar de não diferirem, a adição de inibidor de urease reduziu as perdas em relação à ureia comum, nas duas doses de N aplicada.

Com a aplicação dos adubos nitrogenados logo

após a irrigação, os maiores rendimentos de grãos foram obtidos, nas duas doses de N, com o uso de ureia com inibidor de urease em relação aos tratamentos com ureia comum. O rendimento máximo de grãos foi obtido com a aplicação de 200 UI (P<0,05). Já, na dose de 100 UI, apesar das perdas serem menores, a dose de N limitou o rendimento de grãos.

Quando os fertilizantes nitrogenados foram aplicados antes da irrigação, as perdas de N por volatilização não diferiram entre si (P>0,05), independentemente de dose e fonte de N aplicada. Apesar dessa similaridade entre os tratamentos (Figura 1b), os valores de rendimento de grãos foram sempre maiores com a aplicação da maior dose de N. Isso pode estar relacionado à incorporação do fertilizante no solo (efeito da irrigação) e pela manutenção desse nutriente no solo (efeito do inibidor de urease), resultando em maior eficiência da adubação nitrogenada em cobertura.

Similarmente ao que ocorreu nos tratamentos com adubação logo após a irrigação, quando o N foi aplicado em solo seco e irrigado somente aos sete dias após, a maior perda acumulada também foi observada no tratamento 200 U. Nesse tratamento, as perdas de N foram baixas até o sétimo dia após a adubação. Após a irrigação (30 mm), as perdas de N aumentaram de forma acentuada, representando uma perda de, aproximadamente, 20% do N aplicado. Apesar de, nesse tratamento, os adubos nitrogenados serem aplicados em solo seco, o processo de hidrólise pode ter se iniciado com a umidade presente no ar, ocasionando essas perdas. Nos demais tratamentos, as perdas não diferiram entre si (Tabela 1), permanecendo baixas durante o período de avaliação, representando um acumulado menor que 10% do N aplicado (Figura 1c). Quando aplicado em solo seco, as perdas de N dos fertilizantes não influenciaram o rendimento de grãos em todos os tratamentos.

Assim como na primeira época de semeadura, na segunda época a perda de N quando os fertilizantes nitrogenados foram aplicados após a irrigação foi maior (P<0,05) no tratamento 200 U (Tabela 1), representando, aproximadamente, 40% do N aplicado (Figura 1d). Nos demais tratamentos, as perdas de N por volatilização foram menores em relação ao 200 U, porém similares entre si. No entanto, essa maior perda de N na segunda época não se refletiu nos rendimentos de grãos obtidos nesses tratamentos, que não diferiram entre si. Porém, nos tratamentos com inibidor da urease os rendimentos foram maiores que os obtidos com a aplicação da ureia comum, sendo de 700 e 1600 kg ha⁻¹, respectivamente para as doses de 100 e 200 kg ha⁻¹.

Quando os fertilizantes nitrogenados foram aplicados antes da irrigação, também se observou efeito do inibidor de urease na mitigação de perdas

por volatilização (Figura 1e). No entanto, essa redução na perdas de N não influenciou os rendimentos de grãos entre os tratamentos ($P>0,05$), como ocorreu na época anterior, demonstrando que o N não foi limitante nas duas doses.

Com a aplicação dos adubos em solo seco, com irrigação somente aos sete dias após a adubação, nessa segunda época, as perdas de N foram maiores nos tratamentos com ureia comum e nas maiores doses. As maiores perdas ainda assim foram inferiores 15 % do N aplicado em todos os tratamentos (Figura 1f). Mesmo assim, não houve efeito das perdas sobre o rendimento de grãos entre os tratamentos ($P>0,05$).

Entre os três sistemas de irrigação, na primeira época de semeadura, as maiores perdas de N por volatilização foram maiores ($P<0,05$) nos sistemas que favoreceram as perdas, com alta umidade do solo e sem incorporação do N, nos tratamentos sem inibidor da urease. Quando adicionado inibidor à ureia não houve diferença entre tratamentos. As menores perdas ocorreram quando a adubação foi realizada antes da irrigação, havendo, nesse caso, efeito da incorporação do fertilizante no solo pela água da irrigação.

Na primeira época de semeadura, o efeito dessas perdas nos diferentes sistemas de irrigação sobre o rendimento de grãos foi observado apenas nas maiores doses de N, 200 U e 200 UI. Sendo que, na ureia comum o rendimento foi maior quando foi irrigado após a adubação e, com a adição de inibidor, o rendimento foi superior quando realizada irrigação próxima da adubação. Enquanto que, nos tratamentos 100 U e 100 UI o N limitou o rendimento em ambos os tratamentos, não diferindo entre os sistemas.

Na segunda época de semeadura, os sistemas de irrigação influenciaram as perdas de N apenas quando foi aplicada ureia comum na dose de 200 kg ha⁻¹ de N. Nos demais sistemas não se observou diferença significativa entre doses e fontes de N. O efeito das perdas sobre o rendimento de grão também foi observado somente no tratamento 200 U, sendo que, nesse caso, as maiores perdas resultaram em menores rendimentos de grãos.

Segundo Kissel et al. (2004), a irrigação é mais eficiente na redução de perdas de N quando aplicada antes do início da hidrólise da ureia. Esses autores verificaram que, quando a irrigação (24 mm) foi realizada imediatamente após a adubação, as perdas foram menores que 1%, comparada a 5 %, quando realizada aos sete dias após a adubação. Essas menores perdas podem favorecer o desenvolvimento das plantas, refletindo-se em maior rendimento de grãos.

Entre as épocas de semeadura, as perdas de N por volatilização diferenciaram apenas quando o N foi aplicado na forma de ureia comum na dose de 200 kg ha⁻¹ ($P<0,05$). Essa diferença foi observada

quando os adubos foram aplicados após a irrigação (maior na segunda época) e anterior à irrigação (maior na primeira época), porém não diferiram quando aplicadas em solo seco.

De forma geral, o rendimento de grãos da segunda época de semeadura foi maior que o da primeira época. No tratamento 100 U e 100 UI houve diferença significativa entre as duas épocas de semeadura, nos três sistemas de manejo da irrigação. Já, na dose de 200 kg ha⁻¹ de N houve diferença entre épocas de semeaduras apenas quando aplicada ureia comum e ureia com inibidor em solo seco.

Os maiores rendimentos observados na segunda época de semeadura podem estar relacionados, além do efeito dos sistemas de irrigação e do inibidor de urease na redução das perdas de N, pelo fornecimento de N pelo solo. O efeito do solo no fornecimento de N às plantas, em cada época de semeadura, fica evidente quando observamos os rendimentos dos tratamentos que foram conduzidos sem adubação nitrogenada de cobertura. Na primeira época esse rendimento foi de 5,0 Mg ha⁻¹, enquanto que, na segunda época esse rendimento foi de 9,0 Mg ha⁻¹.

Na segunda época pode ter havido maior taxa de mineralização do N da matéria orgânica do solo, suprimindo a demanda de N pelas plantas, mesmo com as elevadas perdas observadas em alguns tratamentos. No entanto, na primeira época, essa taxa pode ter sido menor, pois a taxa de mineralização de N da matéria orgânica do solo é dependente, além dos atributos químicos do solo, das condições meteorológicas (Fontoura & Bayer, 2009), principalmente temperatura.

CONCLUSÕES

As perdas de N por volatilização são reduzidas pela adição de inibidor de urease à ureia, pelo uso da irrigação após a adubação e pela antecipação da época de semeadura do milho para agosto. O rendimento de grãos aumenta com o uso de ureia com inibidor de urease em relação à ureia comum, especialmente quando se irriga após a adubação. A magnitude de ganho de rendimento com uso da ureia com inibidor da urease é menor na época de semeadura mais tardia (outubro).

REFERÊNCIAS

- CANTARELLA, H. et al. 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. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB. Londrina: STAB, 1999. p. 1-5.
- CANTARELLA, H. et al. Ammonia volatilization from urease inhibitor-treated urea applied to sugarcane trash blankets. *Scientia Agricola*, 65:397-401, 2008.
- 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*, 33:1721-1732, 2009.

KISSEL, D. E. et al. Rainfall timing and ammonia loss from urea in a loblolly pine plantation. *Soil Science Society of America Journal*, 68:1744-1750, 2004.

PEREIRA, H. S. et al. Ammonia volatilization of urea in the out-of-season corn. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 33:1685-1694, 2009.

RAWLUK, C. D. L. et al. Ammonia volatilization from soils fertilized with urea and varying rates of urease inhibitor NBPT. *Canadian Journal of Soil Science*, 81:239-246, 2001.

RITCHIE, S. W. et al. *How a corn plant develops*. Ames, Iowa State University, 1993. 26p.

ROCHETTE, P. et al. Ammonia volatilization following surface application of urea to tilled and no-till soils: A

laboratory comparison. *Soil and Tillage Research*, 103:310-315, 2009.

SANZ-COBENA, A. et al. 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.

STRECK, E. V. et al. *Solos do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, Emater-RS, 2008. 222p.

TASCA, F. A. et al. Volatilização de amônia do solo após a aplicação de ureia convencional ou com inibidor de urease. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 35:493-502, 2011.

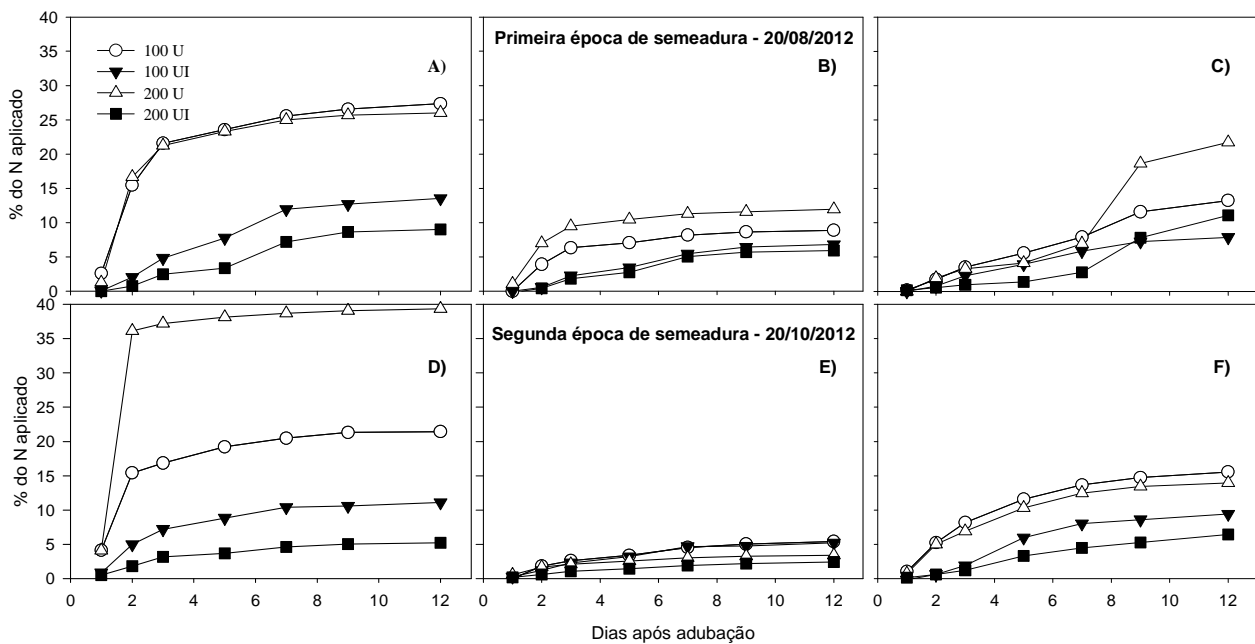


Figura 1 – Perda acumulada de N (% do N aplicado) da ureia (U) e da ureia com inibidor de urease (UI) quando aplicadas nas doses de 100 e 200 kg ha⁻¹ de N, em três sistemas de irrigação e duas épocas de semeadura de milho. Adubação posterior à irrigação (A e D); adubação anterior à irrigação (B e E) e adubação em solo seco, com irrigação somente aos sete dias após.

Tabela 1. Perdas acumuladas de N por volatilização e rendimento de grãos de milho em função de duas fontes e doses de adubo nitrogenado em cobertura, de três sistemas de manejo da irrigação e de duas épocas de semeadura. Eldorado do Sul-RS

Adubação ¹	Primeira época - 20/08/2012				Segunda época - 20/10/2012			
	100 U ²	100 UI	200 U	200 UI	100 U	100 UI	200 U	200 UI
----- Perda acumulada de N, kg ha ⁻¹ -----								
API	27,3 Ba ³	13,5 Ba	52,0* Aa	18,0 Ba	21,4 Ba	11,1 Ba	78,7* Aa	10,4 Ba
AAI	8,9 Ab	6,8 Aa	23,9* Ab	11,9 Aa	5,4 Aa	5,2 Aa	6,8* Ac	4,8 Aa
ASS	13,3 Bab	7,9 Ba	43,5 Aa	22,2 Ba	15,5 ABA	9,4 Ba	27,9 Ab	12,8 ABA
----- Rendimento de grãos, Mg ha ⁻¹ -----								
API	8,9* Ba	10,2* Ba	10,6 Bab	12,6 Aa	11,6* Aa	12,3* Aa	11,4 Ab	13,0 Aa
AAI	10,4* Ba	10,7* Ba	12,1 ABA	13,4 Aa	12,2* Aa	12,4* Aa	13,2 Aa	13,0 Aa
ASS	10,1* Aa	9,9* Aa	9,7* Ab	10,7* Ab	12,3* Aa	12,3* Aa	12,7* Aab	12,6* Aa

¹ Manejo da adubação. API: adubação posterior à irrigação, AAI: adubação anterior à irrigação e ASS: adubação em solo seco, com irrigação somente sete dias após a adubação. ² Fertilizantes. U: ureia comum e UI: ureia com inibidor de urease, aplicadas na dose de 100 e 200 kg ha⁻¹ de N. ³ Letras maiúsculas comparam médias dos tratamentos na linha, dentro de cada época de semeadura, e letras minúsculas comparam médias entre linhas. * Diferença significativa entre épocas de semeadura no mesmo tratamento. Tukey a 5 % de significância.