

Volatilização de amônia em Latossolo adubado com uréia revestida com inibidores da urease⁽¹⁾.

Vagner Perin Possebon⁽²⁾; Bruno Tiago Sebastiani⁽³⁾; Pedro Alexandre Varella Escosteguy⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos da Universidade de Passo Fundo (UPF). ⁽²⁾ Bolsista Estágio/UPF, Curso de Agronomia, Passo Fundo, RS, CEP 99001-970, vagnerpossebon@hotmail.com; ⁽³⁾ Bolsista de Iniciação Científica PIBIC/CNPq, Curso de Agronomia, Passo Fundo, RS, CEP 99001-970, brunotsebastiani@hotmail.com; ⁽⁴⁾ Professor Titular, Curso de Agronomia, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, RS, CEP 99001-970 escosteguy@upf.br.

RESUMO: Aditivos compostos de silicatos e de enxofre elementar têm sido propostos para revestir a uréia e decrescer a volatilização de amônia (NH₃). No entanto, há pouca publicação sobre a eficiência destes aditivos em condições brasileiras. O objetivo do trabalho foi o de avaliar o efeito do revestimento da uréia com silicato de sódio ou enxofre elementar na volatilização da NH₃. Estes produtos foram comparados com o NBPT, cuja eficiência é comprovada em solos brasileiros. O experimento foi conduzido em câmara de crescimento vegetal, com temperatura controlada (25 °C). As unidades experimentais foram câmaras de PVC (0,018 m²), contendo amostras indeformadas de um Latossolo Vermelho. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos consistiram em uréia (150 mg câmara⁻¹) revestida: 1) sem inibidor de urease; 2) com enxofre (S) elementar; 3) com silicato de Na; e 4) com NBPT. A volatilização da NH₃ foi avaliada em 24, 48, 96, 159, 190, 253, 325, 397 h após a aplicação da uréia. Os valores de NH₃ obtidos nos tratamentos foram descontados dos obtidos no solo sem adição de uréia (Controle). O efeito dos inibidores na volatilização da NH₃ variou com o produto e o tempo de avaliação. O decréscimo de volatilização foi maior com o NBPT, sendo esse seguido do Silicato de Na. O S elementar não foi eficiente em inibir a volatilização.

Termos de indexação: Adubação nitrogenada, perdas de N, NBPT.

INTRODUÇÃO

A uréia é o fertilizante nitrogenado mais aplicado na agricultura brasileira. Parte do nitrogênio adicionado ao solo com este fertilizante é perdido por volatilização de amônia (NH₃). Isso reduz a eficiência da adubação, além de reduzir a camada de ozônio. Assim, a redução da volatilização de NH₃ aumenta a eficiência da uréia, com ganhos agrônômicos e ambientais.

Entre as alternativas utilizadas, aditivos, adicionados ao grânulo desse fertilizante, podem inibir a enzima urease, que degrada a uréia,

umentando a retenção do nitrogênio no solo, retardando a volatilização (Cantarella et al., 2005). Aditivos a base de silicatos e enxofre elementar ainda não foram relatados na literatura especializada brasileira.

Com este trabalho objetivou-se avaliar a eficiência dos inibidores de urease: S elementar e silicato de sódio, em reduzir a volatilização de nitrogênio de fonte amídica (uréia), em condições controladas de temperatura e de umidade do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi efetuado na Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Passo Fundo (UPF). O experimento foi conduzido em câmara de crescimento, com temperatura controlada (22 +/- 1 °C, à noite; e 25 +/- 1 °C, durante o dia). As unidades experimentais foram constituídas de câmaras coletoras de NH₃, adaptada de Nömmik (1973), com dimensões de 0,10 m (diâmetro), 0,5 m (altura). Foram utilizadas amostras indeformadas de um Latossolo Vermelho distrófico típico (Embrapa, 1999). Antes do experimento, o solo foi analisado, conforme Tedesco et al. (1995), obtendo-se os seguintes resultados: Argila, 450 g dm⁻³; matéria orgânica, 28 g dm⁻³; P e K extraíveis, 42,9 e 226 mg dm⁻³, respectivamente; Al, Ca e Mg trocáveis, 0; 4,2 e 1,7 cmol_c dm⁻³, respectivamente; Mn trocável, 14,4 mg dm⁻³; Zn e Cu extraíveis, 1,0 e 2,0 mg dm⁻³, respectivamente; CTC potencial, 19,6 cmol_c dm⁻³. Para o experimento, a acidez do solo foi corrigida (pH em água e em CaCl₂ de 6,8 e 6,4, respectivamente) e a umidade mantida a 80 % do valor da capacidade de campo (370 g kg⁻¹). O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro repetições. O arranjo dos tratamentos foi bifatorial (tipo de inibidor de urease X período de avaliação). Os inibidores de urease foram testados na parcela principal, enquanto que a subparcela foi constituída pelo período de avaliação (parcela subdividida no tempo).

Os tratamentos testados na parcela principal foram: 1) Testemunha (uréia sem inibidor de urease); 2) Enxofre (S) elementar (5,4 mL kg⁻¹ de uréia); 3) Silicato de sódio (8,0 mL kg⁻¹ de uréia); 4)

NBPT 3 g de produto contendo 20 % de N butil-triamida-fosfórica (NBPT) kg^{-1} de uréia e emulsão catiônica (Ni, Cu e B). Na subparcela, foram locados os seguintes tempos de avaliação da NH_3 : 24, 48, 96, 159, 190, 253, 325 e 397 horas após a aplicação da uréia. A quantidade aplicada de uréia (46 % de N) foi de $150 \text{ mg câmara}^{-1}$, equivalendo a 300 kg ha^{-1} .

A NH_3 retida em espuma existente nos coletores foi extraída e determinada conforme Tedesco et al. (1995). Os resultados foram expressos como N na forma de NH_3 (N- NH_3), sendo descontada a volatilização da testemunha. Os resultados foram submetidos à análise de variância, utilizando o teste F ($p < 0,05$). As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quantidade de amônia volatilizada

As quantidades acumuladas de N- NH_3 variaram com o tipo de inibidor de urease e o período de avaliação, ocorrendo interação entre estes dois fatores ($p < 0,05$). Como esperado, na maioria das avaliações, a maior quantidade acumulada de NH_3 foi verificada com a uréia não recoberta com os inibidores testados (Testemunha), mas isso também foi verificado no tratamento onde este fertilizante foi recoberto com S elementar. Por outro lado, as menores quantidades acumuladas de NH_3 foram verificadas na uréia recoberta com silicato de sódio e com o NBPT, indicando que esses dois produtos inibiram a urease e, conseqüentemente, a volatilização de N (**Figura 1a; Tabela 1**).

Em todos os tratamentos, o maior acúmulo das quantidades de NH_3 ocorreu até o período de 159 horas (6,6 dias) após a aplicação da uréia, estabilizando a partir deste período (**Figura 1a**). Esse período situa-se dentro do tempo de maior atuação e efeito dos inibidores da urease (Cantarella et al., 2005), pois é quando, geralmente, ocorre o maior acúmulo das quantidades de NH_3 volatilizada, geralmente, observadas entre três a sete dias após a aplicação da uréia (Cantarella et al., 2005; Scharlau et al., 2007). Nos períodos seguintes, as quantidades acumuladas deste gás pouco variaram, sendo isso observado em todos os tratamentos (**Figura 1a**). Os resultados dessa figura ainda ilustram que o recobrimento da uréia com o silicato de sódio e o NBPT foram os tratamentos que proporcionaram os maiores decréscimos da volatilização de NH_3 , sendo isso verificado até o último período de avaliação.

As quantidades de NH_3 acumuladas até o período de 159 horas (6,6 dias) mostram que o NBPT foi o aditivo que mais inibiu a volatilização deste gás, sendo esse seguido do silicato de sódio. Já o S elementar não foi eficiente para decrescer a

volatilização da NH_3 . Neste período, os resultados indicam que o NBPT decresceu em 76,3 % a perda de N na forma desse gás, enquanto que o silicato de sódio proporcionou decréscimo de 30,7 %, em relação à uréia sem o recobrimento com inibidor da urease (**Tabela 1**).

O decréscimo de volatilização de NH_3 proporcionado pelo NBPT equivaliu a 63,1 %, em relação à Testemunha, ou a 50 %, em relação ao proporcionado pelo silicato de sódio. Já o efeito do silicato de sódio em decrescer a quantidade de N- NH_3 volatilizado, que foi de 30,7 %, 159 horas após a aplicação da uréia, em relação ao tratamento testemunha, foi menor que o obtido com o NBPT.

A taxa diária média da quantidade de N- NH_3 volatilizada, calculada em cada período de avaliação, também variou entre os tratamentos (**Figura 1b; Tabela 2**). A diferença entre estes seguiu o padrão observado em relação à quantidade acumulada de NH_3 (**Figura 1a**).

A taxa diária máxima de NH_3 obtida no tratamento com uréia não recoberta não diferiu do tratamento com S elementar (7,5 e a 7,7 $\text{mg N-NH}_3 \text{ câmara}^{-1}$, respectivamente), sendo isso também verificado ao longo de todo o período de avaliação (**Figura 1b; Tabela 1**), indicando que o recobrimento do grânulo da uréia com S elementar não reduziu a taxa de volatilização de NH_3 , em nenhum dos períodos avaliados. Por outro lado, os resultados da **Figura 1b e da Tabela 1** mostram que esta taxa decresceu nos tratamentos com silicato de sódio e NBPT. Isso indica que a taxa de volatilização diária obtida com o silicato de sódio foi cerca de 70 % menor que a verificada com a uréia e cerca de duas vezes maior que a verificada com o NBPT.

Percentual de amônia volatilizada

Como verificado com as quantidades acumuladas de N- NH_3 (**Figura 1a; Tabela 1**), o percentual de NH_3 acumulado ao longo dos períodos avaliados também diferiu entre os tratamentos e o tempo de avaliação, ocorrendo interação entre estes dois fatores (**Figura 2; Tabela 3**). Os resultados dessa tabela mostram que o maior percentual acumulado desse gás, no final do período de avaliação, foi verificado no tratamento testemunha (uréia não recoberta com os inibidores testados; N- $\text{NH}_3 = 23,4$ %). Esse percentual não diferiu do verificado no tratamento com S elementar (N- $\text{NH}_3 = 20,8$ %). Por outro lado, os menores percentuais acumulados de NH_3 foram verificados no tratamento com silicato de sódio (16 %) e com NBPT (8,4 %), indicando que esses dois produtos inibiram a urease e, conseqüentemente, a volatilização desse gás (**Figura 2; Tabela 3**). No período de maior acúmulo de NH_3 (159 horas ou 6,6 dias após a aplicação da

uréia), onde se espera o maior efeito dos inibidores da urease (Cantarella et al., 2005), o percentual acumulado de NH_3 correspondeu a 21,1 % (uréia), 19,1 % (S elementar), 13,6 % (silicato de sódio) e 5,2 % (NBPT), indicando a maior eficiência destes últimos dois inibidores em estabilizarem o N do fertilizante testado. A eficiência dos inibidores silicato de sódio e NBPT se mantiveram até o final do período de avaliação. Como a quantidade de N aplicada correspondeu a 135 kg ha^{-1} ($300 \text{ kg uréia ha}^{-1}$), os percentuais acumulados de N-NH_3 verificados até o final do período de avaliação equivaleriam a perdas de 31,7 (uréia); 28,1 (S elementar); 21,6 (silicato sódio) e $11,4 \text{ kg de N ha}^{-1}$ (NBPT). Estes resultados indicam que o potencial dos inibidores testados em reduzir a volatilização de NH_3 possibilitaria decrescer a perda do N aplicado em 3,6 (S elementar), 10,1 (silicato de sódio) e 20,3 kg N ha^{-1} (NBPT), em relação à uréia sem inibidor de urease. Essa extrapolação deve ser interpretada com cautela, pois as condições experimentais nem sempre são verificadas a campo.

CONCLUSÕES

1- No período de maior acúmulo do N volatilizado (159 horas ou 6,6 dias após a aplicação da uréia), o silicato de sódio e o NBPT inibiram a volatilização de NH_3 , enquanto que o S elementar não foi eficiente em inibir esse processo.

2- O silicato de sódio foi eficiente em inibir a volatilização da NH_3 , mas a eficiência deste aditivo foi menor que a do NBPT.

REFERÊNCIAS

CANTARELLA, H. et al. Ammonia losses of NBPT-treated urea under Brazilian soil conditions. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON ENHANCED-EFFICIENCY FERTILIZERS, Frankfurt, 2005. Proceedings. Paris, Interantional Fertilizer Industry Association, 2005. CD-ROM.

NÖMMIK, H. The effect of pellet size on the ammonia loss from urea applied to forest. *Plant and Soil*, Dordrecht, 39: 2- 309-318, 1973.

SCHARLAU, A.V.; ESCOSTEGUY, P.A.V.; RIVA, E.; PASCOALOTTO, M. Volatilização de amônia em solo com uréia, Super N e nitrato de amônio. In: XXXI CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, Gramado, 2007. Anais... Viçosa: SBCS, 2007 (CD-ROM).

TEDESCO, M.J. et al. Análises de solo, plantas e outros materiais. Porto Alegre: UFRGS, 1995. 174p. (Boletim Técnico, 5).

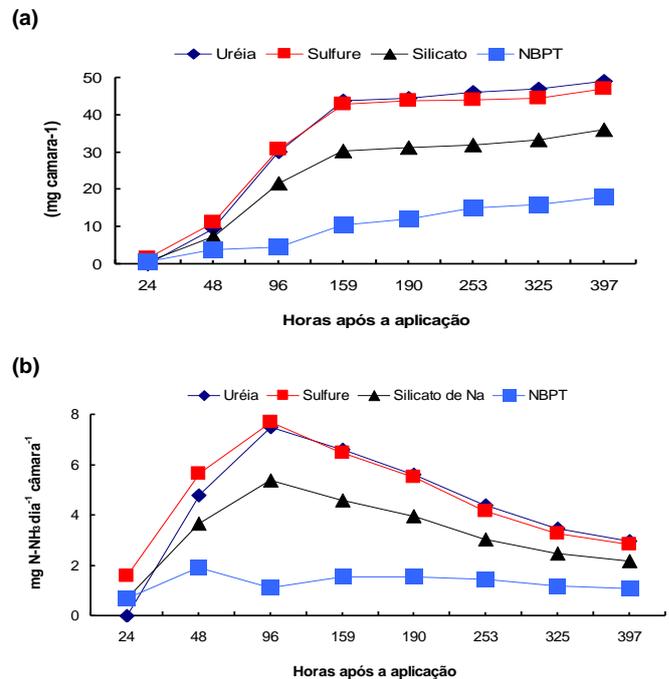


Figura 1 - Quantidade acumulada (a) e taxa diária (b) acumulada de amônia (N-NH_3), em função do tempo após a aplicação de 300 kg ha^{-1} de uréia não recoberta (Uréia) e recoberta com inibidores de urease (S elementar, silicato de sódio e NBPT).

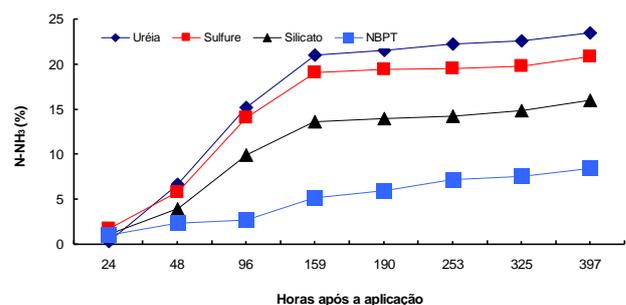


Figura 2 - Percentual acumulado de nitrogênio volatilizado na forma de amônia (N-NH_3), em função do tempo após a aplicação de 300 kg ha^{-1} de uréia não recoberta (Uréia) e recoberta com inibidores de urease (S elementar, silicato de sódio e NBPT).

Tabela 1 - Quantidade acumulada de nitrogênio na forma de amônia (N-NH₃), em função do tempo após a aplicação de 300 kg ha⁻¹ de uréia tratada com diferentes inibidores de urease (S elementar, silicato de sódio e NBPT), Passo Fundo, RS. 2012.

Tratamento	24 h	48 h	96 h	159 h	190 h	253 h	325 h	397 h
.....mg N-NH ₃ câmara ⁻¹								
Uréia ¹	0,0 ^{ns}	9,6 ^{ns}	30,0 a	43,9 a	44,6 a	46,2 a	47,1 a	49,1 a
S elementar ²	1,6	11,3	30,9 a	42,9 ab	43,8 a	44,1 a	44,5 a	47,0 a
Silicato-Na ³	0,7	7,4	21,6 a	30,4 b	31,3 a	32,0 a	33,4 a	36,1 a
NBPT ⁴	0,7	3,9	4,5 b	10,4 c	12,2 b	15,2 b	16,1 b	18,1 b
C.V. (%)	83,4	41,2	23,9	20,3	21,5	22,3	22,0	20,6

¹; ²; ³; ⁴: Uréia sem e com recobrimento dos grânulos com S elementar, silicato de sódio e N butil-triamida-fosfórica (NBPT), respectivamente. Letras comparam médias na coluna (Teste de Tukey; p < 0,050). C.V.: Coeficiente de variação.

Tabela 2 - Taxa diária acumulada de nitrogênio volatilizado na forma de amônia (N-NH₃), em diferentes períodos após a aplicação de 300 kg ha⁻¹ de uréia não recoberta (Uréia) e recoberta com inibidores de urease (S elementar, silicato de sódio e NBPT), e relação entre a taxa obtida com o silicato de sódio e a uréia ou o NBPT. Passo Fundo, RS. 2012.

Tratamento	24 h	48 h	96 h	159 h	190 h	253 h	325 h	397 h	Média
.....mg N-NH ₃ câmara ⁻¹ dia ⁻¹									
Uréia ¹	0,0 ^{ns}	4,8 ^{ns}	7,5 a	6,6 a	5,6 a	4,4 a	3,5 a	3,0 a	4,4 a
S elementar ²	1,6	5,6	7,7 a	6,5 ab	5,5 a	4,2 a	3,3 a	2,8 a	4,7 a
Silicato-Na ³	0,7	3,7	5,4 ab	4,6 b	4,0 a	3,0 a	2,5 a	2,2 a	3,2 a
NBPT ⁴	0,7	1,9	1,1 b	1,6 c	1,5 b	1,4 b	1,2 b	1,1 b	1,3 b
Média	-	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Silicato/Uréia	1,0	1,9	2,8	2,9	2,6	2,1	2,1	2,0	2,2
Silicato/NBPT	0,0	4,8	7,5	6,6	5,6	4,4	3,5	3,0	4,4
C.V. (%)	136,6	41,2	20,0	20,2	21,5	22,4	22,1	20,6	

¹; ²; ³; ⁴: Uréia sem e com recobrimento dos grânulos com S elementar, silicato de sódio e N butil-triamida-fosfórica (NBPT), respectivamente. Letras comparam médias na coluna (Teste de Tukey; p < 0,050). C.V.: Coeficiente de variação.

Tabela 3 - Percentual acumulado de nitrogênio na forma de amônia (N-NH₃), em função do tempo após a aplicação de 300 kg ha⁻¹ de uréia tratada com diferentes inibidores de urease (S elementar, silicato de sódio e NBPT), Passo Fundo, RS. 2012.

Tratamento	24 h	48 h	96 h	159 h	190 h	253 h	325 h	397 h
.....% N-NH ₃ câmara ⁻¹								
Uréia ¹	0,4 ^{ns}	6,7 a	15,3 a	21,1 a	21,6 a	22,3 a	22,6 a	23,5 a
S elementar ²	1,8	5,8 a	14,1 a	19,1 a	19,5 ab	19,6 ab	19,8 ab	20,8 ab
Silicato-Na ³	1,1	3,9 ab	9,9 b	13,6 b	14,0 b	14,3 bc	14,8 bc	16,0 bc
NBPT ⁴	1,0	2,4 b	2,7 c	5,2 c	6,0 c	7,2 c	7,6 c	8,4 c
C.V. (%)	92,0	35,4	16,7	16,3	20,3	22,4	22,4	22,3

¹; ²; ³; ⁴: Uréia sem e com recobrimento dos grânulos com S elementar, silicato de sódio e N butil-triamida-fosfórica (NBPT), respectivamente. Letras comparam médias na coluna (Teste de Tukey; p < 0,050). C.V.: Coeficiente de variação.