

## Volatilização de $\text{NH}_3$ de ureia recoberta por polímero não hidrossolúvel aplicada na superfície do solo<sup>(1)</sup>

**Rafael de Melo Sousa<sup>(2,3)</sup>; Heitor Cantarella<sup>(2,4)</sup>; Johnny Rodrigues Soares<sup>(2,5)</sup>; Mônica Ferreira de Abreu<sup>(2,4)</sup>; Jesaelen Gizotti de Moraes<sup>(6)</sup>**

<sup>(1)</sup> Trabalho parceria IAC/FUNDAG/Produquímica; <sup>(2)</sup> Instituto Agrônomo, IAC, Centro de Solos e Recursos Ambientais. Av. Barão de Itapura, 1481, 13020-902, CP 28, Campinas – SP; <sup>(3)</sup> Estudante de mestrado, Pós-Graduação em Agricultura Tropical e Subtropical, IAC; <sup>(4)</sup> Pesquisador, IAC cantarella@iac.sp.gov.br; <sup>(5)</sup> Estudante de doutorado, Pós-Graduação em Agricultura Tropical e Subtropical, IAC; <sup>(6)</sup> Estudante de agronomia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus de Botucatu. Av. Profº Montenegro, s/n, 18618-970, Botucatu, SP.

**RESUMO:** A ureia (UR) tem elevada perda de N por volatilização de  $\text{NH}_3$  quando aplicada na superfície do solo. O objetivo deste estudo foi avaliar a eficiência de fertilizantes de liberação controlada em reduzir a perda de N por volatilização de  $\text{NH}_3$ . Em experimento de laboratório, os tratamentos testados foram: 1) UR; 2) Producote 39; 3) Producote 37; 4) SuperN, com cinco repetições dispostas inteiramente ao acaso. Os Producotes são fertilizantes de liberação controlada a base de ureia produzidos e fornecidos pela Produquímica. O SuperN é ureia tratada com inibidor de urease NBPT comercializada pela Fertipar. Os fertilizantes foram aplicados na superfície do solo, umedecido a 60% da capacidade máxima de retenção de água. As unidades experimentais consistiram de câmaras de volatilização, que são recipientes cilíndricos de vidro com capacidade para 1,5 L. Pelas câmaras passa ar que arrasta a amônia volatilizada, sendo coletada em solução contendo ácido bórico e indicador de mudança de pH. A  $\text{NH}_3$  volatilizada foi determinada por titulação potenciométrica com solução de  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . O tratamento com UR teve perda acumulada de N por volatilização de  $\text{NH}_3$  de 26% do N total aplicado. O tratamento com UR+NBPT apresentou grande redução na perda de N por volatilização de  $\text{NH}_3$ , que atingiu 6% do N total aplicado. Os producotes foram eficientes em liberar o N gradualmente e resultaram em perda de 5% e de 0,4% do N total aplicado, não tendo diferença em relação ao tratamento com o inibidor de urease.

**Termos de indexação:** perda de N, eficiência de uso, fertilizantes de eficiência aumentada.

### INTRODUÇÃO

A ureia é o fertilizante nitrogenado mais utilizado na agricultura. A principal razão para baixa eficiência da ureia é a perda de N por volatilização de  $\text{NH}_3$  quando aplicada na superfície do solo (Cantarella et al., 2008).

Uma forma de reduzir a perda de N por volatilização de amônia é a adição de inibidores de urease. O inibidor faz com que a hidrólise da ureia seja mais lenta, permitindo a difusão da ureia para dentro do solo, reduzindo a volatilização de  $\text{NH}_3$

(Christianson et al. 1993). O inibidor de urease com maior importância prática e comercial é o tiofosfato de N-(n-butil) triamida – NBPT – (Trenkel, 2010). O NBPT tem mostrado resultados positivos em baixas concentrações (Cantarella et al., 2008).

Outros produtos com a intenção de reduzir as perdas de N, entre elas a volatilização de  $\text{NH}_3$ , são os fertilizantes de liberação lenta ou controlada (Chien et al., 2009). A liberação gradual de nutriente pelos fertilizantes de liberação controlada, em sincronia com a demanda da planta pode reduzir as perdas de N e, conseqüentemente, aumentar a eficiência de uso do N.

Os fertilizantes de liberação controlada incluem ureia revestida com enxofre e/ou com polímeros. A liberação de N depende da espessura e qualidade no recobrimento, sendo que falhas do revestimento, na manipulação e no processo de fabricação podem afetar as propriedades do fertilizante (Gould et al., 1986).

Há atualmente no mercado brasileiro empresas que comercializam esses produtos. O Producote é um fertilizante de liberação controlada, contendo um núcleo de ureia revestido com enxofre e uma camada de polímero não hidrossolúvel<sup>1</sup>. Tal formulação pode resultar em menores perdas de N por volatilização de  $\text{NH}_3$ . Entretanto, não foram feitos, até o momento, estudos específicos para testar tal hipótese.

O objetivo deste estudo foi avaliar a eficiência de fertilizantes de liberação controlada em reduzir a perda de N por volatilização de  $\text{NH}_3$ .

### MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em condições controladas de laboratório, em câmaras de volatilização de  $\text{NH}_3$ , conforme descrito por Soares et al. (2012).

O solo utilizado no experimento foi um LATOSSOLO VERMELHO de textura muito argilosa, coletado da camada de 0–20 cm de área agrícola do Centro Experimental do IAC, em Campinas. As amostras foram secas ao ar,

<sup>1</sup>Produquímica Indústria e Comércio S.A.

passadas em peneira de 2 mm, cujas características químicas (Raij et al., 2001) e físicas (Camargo et al., 1986) foram determinadas e os resultados descritos na Tabela 1.

O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso, com 4 tratamentos e 5 repetições:

Tratamentos:

- 1) Ureia (UR) [453 g kg<sup>-1</sup> N]
- 2) Producote 37:00:00:16(S) [371 g kg<sup>-1</sup> N]
- 3) Producote 39:00:00:11 (S) [389 g kg<sup>-1</sup> N]
- 4) Ureia+NBPT (SuperN<sup>2</sup>)

Controles adicionais foram incluídos para prever as perdas de NH<sub>3</sub> provenientes do solo e a NH<sub>3</sub> por ventura contida no ar do laboratório (câmaras contendo apenas solo e câmaras vazias).

A dose aplicada, 300 kg ha<sup>-1</sup> de N com base na área superficial do solo, reflete a concentração de N na zona de aplicação do fertilizante nitrogenado em condições de campo. Como o adubo é disposto geralmente em faixas sobre o solo no campo, a dose de 300 kg ha<sup>-1</sup> de N representa concentração de N equivalente a uma dose de cerca de 100 kg ha<sup>-1</sup> aplicada em faixa para uma cultura com espaçamento de cerca de 80 cm entre linhas.

O NBPT, um inibidor específico da atividade da urease, foi empregado na forma do produto comercial SuperN.

A espessura da camada de recobrimento do Producote pode variar, dependendo do grau de proteção física desejado. No presente estudo foram usadas duas formulações, contendo 370,8 e 388,5 g kg<sup>-1</sup> de N (e 160 e 110 g kg<sup>-1</sup> de S). Todos os fertilizantes utilizados foram fornecidos pela Produquímica<sup>3</sup> e as composições consideradas foram as fornecidas pela empresa.

No ensaio, os diferentes fertilizantes foram aplicados na superfície de amostras de solo umedecidas a cerca de 60% da capacidade de campo, contidas em câmaras de volatilização. Essas consistem de recipientes de vidro com capacidade para 1 litro, em cujas paredes laterais, em lados opostos, foram abertos dois furos, nos quais foram anexados dois tubos, uma para a entrada e outra para a saída de ar. O ar, fluindo a uma taxa de 2,5 L min<sup>-1</sup>, livre de amônia e umidificado, passa sobre a superfície do solo e arrasta a amônia produzida, a qual é recolhida em uma solução de ácido bórico. Os frascos com as soluções coletoras foram substituídos e analisados

diariamente ou a intervalos de dois dias (após o 22º dia), até cessarem as perdas por volatilização de NH<sub>3</sub> ou as taxas se estabilizarem em um patamar próximo do limite de detecção do método, que ocorreu após 27 dias.

A amônia foi determinada por titulação potenciométrica com solução padronizada de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,005 mol L<sup>-1</sup>.

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o pacote estatístico SISVAR<sup>®</sup> (Ferreira, 2000).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O tratamento com ureia teve elevado pico de perda de N por volatilização de NH<sub>3</sub>, que ocorreu logo no 4º dia após a aplicação dos fertilizantes (Figura 1). O tratamento com UR + inibidor de urease (SuperN) apresentou menor perda de N que o tratamento com UR e o pico ocorreu após oito dias da aplicação. O Producote 39 teve pequena volatilização de NH<sub>3</sub> e o pico de perda ocorreu no 5º dia. Já o Producote 37 não apresentou perda de N por volatilização de NH<sub>3</sub> até o 17º dia após sua aplicação ao solo.

Como nesse período as perdas por volatilização tinham praticamente cessado e ainda havia grânulos do fertilizante dos tratamentos recobertos com polímeros (Procode 39 e Producote 37) sobre a superfície do solo no interior das câmaras. Ao invés de encerrar o experimento, os grânulos desses fertilizantes foram quebrados com o auxílio de pinças de laboratório e as medições foram estendidas por mais dez dias. Os grânulos dos fertilizantes dos tratamentos UR e SuperN já não eram visíveis nesse período. O Producote 39 provavelmente já tinha liberado parte expressiva do N, tanto que a perda de NH<sub>3</sub> foi pequena após a quebra dos grânulos remanescentes; porém as perdas de NH<sub>3</sub> foram mais elevadas com o Producote 37 (Figura 1) sugerindo que essa formulação reteve parte do N amídico no interior dos grânulos até os 17 dias de sua aplicação ao solo.

Ao final do experimento, o tratamento com UR teve perda acumulada de N de 26% do N total aplicado (Figura 2, Tabela 2). A UR com inibidor de urease, SuperN, teve perda de N por volatilização de NH<sub>3</sub> de 6%, que representa 77% de redução em relação à UR.

O tratamento com Producote 39 apresentou perda de N por volatilização de NH<sub>3</sub> de 5% do N total aplicado, que representa 80% de redução em relação ao tratamento com UR. Não ocorreu diferença entre os tratamentos com Producote 39 e UR contendo inibidor de urease (Figura 2). O

<sup>2</sup> SuperN: produzido pela Fertipar. A amostra usada foi adquirida no comércio.

<sup>3</sup> Produquímica Indústria e Comércio S.A.

tratamento com Producote 37 praticamente não apresentou perdas de  $\text{NH}_3$  antes da quebra dos grânulos até o 17º dia. Após a quebra dos fertilizantes, Producote 39 e Producote 37 apresentaram perdas acumuladas de  $\text{NH}_3$  em torno de 10% do N aplicado, e não diferiram do tratamento com SuperN (Figura 2 e Tabela 2).

**Tabela 2.** Volatilização acumulada de  $\text{NH}_3$  após aplicação superficial de ureia (UR) recoberta por polímeros (Producote) e inibidor de urease (SuperN).

Fonte	Volatilização de $\text{NH}_3$	
	Até 16 dias (Antes da quebra dos fertilizantes)	Total
	----- % do N aplicado -----	
UR	26 b	26 b
SuperN	6 a	6 a
Producote 39	5 a	9 a
Producote 37	0,4 a	12 a
Coefficiente de variação (%)	28	28

Médias seguidas da mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%.

Os dados obtidos com ureia mostram perda acumulada próxima de 30% do N aplicado. Com a adição de NBPT as perdas foram reduzidas em 77%. Esses dados estão de acordo com o encontrado na literatura (Cantarella et al., 2008; Soares et al., 2012).

Os Producotes liberaram o N de forma gradual no solo, resultando em menor perda de N por volatilização de  $\text{NH}_3$ . Ao liberar lentamente o N na forma de ureia, o fertilizante de liberação controlada faz com que a hidrólise da ureia seja gradual e não eleve tanto o pH do solo ao redor do grânulo, devido ao efeito de dose de N-ureia, pois quanto maior a dose de ureia maior a proporção de perda de N por volatilização de amônia (Cantarella, 2007). Outro fator que pode ter contribuído para essa redução na perda de N por volatilização de  $\text{NH}_3$ , é a ocorrência de outras reações do N no solo durante essa liberação lenta do N promovida pelo fertilizante, como por exemplo, a nitrificação, que acidifica o solo e reduz a volatilização de  $\text{NH}_3$ , devido ao equilíbrio químico entre as formas amoniacais,  $\text{NH}_3 + \text{H}^+ \leftrightarrow \text{NH}_4^+$ , que ocorre no solo (Cantarella, 2007).

## CONCLUSÕES

As formulações com polímeros não hidrossolúveis (Producote) mostraram capacidade

de liberar gradualmente o N amídico contido no interior dos grânulos. Com isso, houve redução significativa das perdas de N por volatilização de  $\text{NH}_3$ , não tendo diferença em relação ao tratamento com o inibidor de urease NBPT.

## REFERÊNCIAS

CAMARGO, O.A.; MONIZ, A.C.; JORGE, J.A.; VALADARES, J.M. Métodos de análise química, física e mineralógica do Instituto Agronômico de Campinas. Campinas, Instituto Agronômico de Campinas, 1986, 94p. (Boletim Técnico, 106).

CANTARELLA, H. Nitrogênio. p. 375-470. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Ed.). Fertilidade do Solo. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2007. 1017p.

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*, 65: 397-401, 2008.

CHIEN, S.H.; PROCHNOW, L.I.; CANTARELLA, H. Recent Developments of Fertilizer Production and Use to Improve Nutrient Efficiency and Minimize Environmental Impacts. In Sparks, editor: *Advances in Agronomy*, Vol. 102, Burlington: Academic Press, pp. 267-322, 2009.

CHRISTIANSON, C.B.; BAETHGEN, W.E.; CARMONA, G.; HOWARD, R.G. Microsite reactions of urea-nbtp fertilizer on the soil surface. *Soil Biology & Biochemistry*, v. 25, p. 1107-1117, 1993.

FERREIRA, D.F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows 4.0. In: Reunião anual da região brasileira da sociedade internacional de biometria, 45, São Carlos. Anais... São Carlos, Universidade Federal de São Carlos, 2000. p.255-258.

GOULD, W. D.; HAGEDORN, C.; MCCREADY, R. G. L. Urea transformation and fertilizer efficiency in soil. *Advances in Agronomy*, 40, 209-238. 1986.

RAIJ, B. van; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas: Instituto Agronômico, 2001. 284 p.

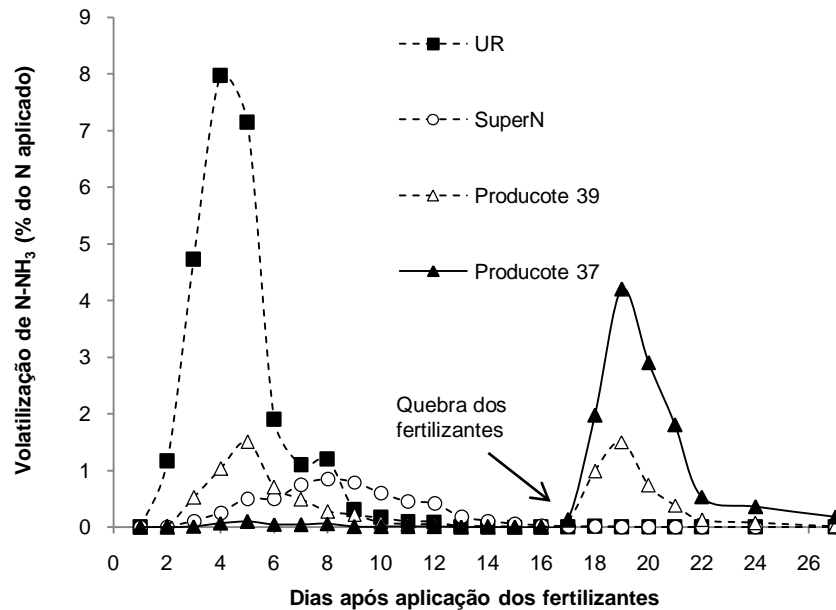
SOARES, J.R.; CANTARELLA, H.; MENEGALE, M.C.L. Ammonia volatilization losses of surface-applied urea with urease and nitrification inhibitors. *Soil Biology & Biochemistry* 52, 82-89, 2012.

TRENKEL, M.E. Slow- and controlled-release and stabilized fertilizer: an option for enhancing nutrient efficiency in agriculture. *International Fertilizer Industry Association*, Paris, France, 160p. 2010.

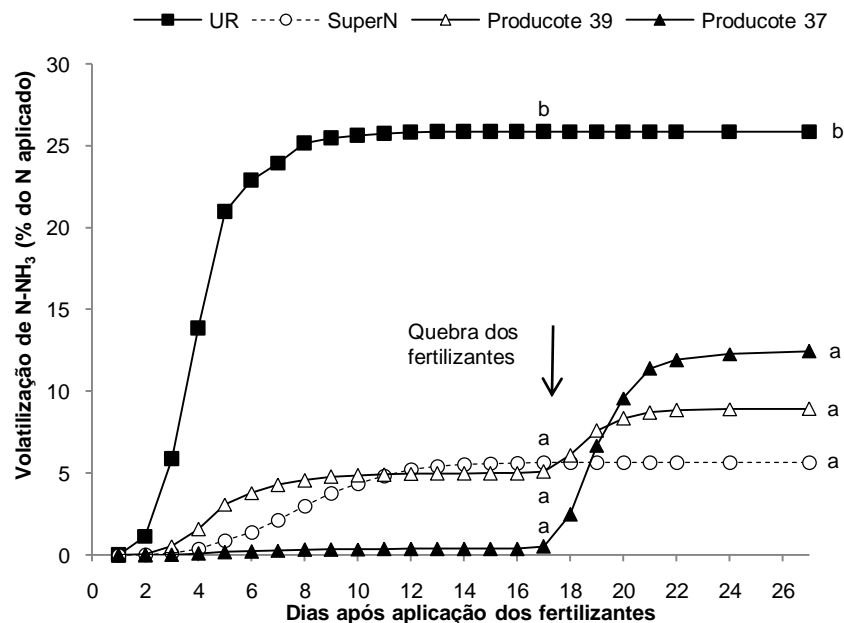
**Tabela 1** – Propriedades da camada de 0-20 cm do LATOSSOLO VERMELHO.

pH-CaCl <sub>2</sub>	MO	P	K	Ca	Mg	H+Al	CTC	V%	Argila	Silte	Areia
	g dm <sup>-3</sup>	mg dm <sup>-3</sup>	mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>					%	g kg <sup>-1</sup>		
5,9	24	219	7,6	47	16	22	93	76	622	107	271

<sup>1</sup>pH CaCl<sub>2</sub>: CaCl<sub>2</sub> 0,0125 mol L<sup>-1</sup>; MO: Oxi-Red.; P, K, Ca, Mg: Resina de troca iônica; H + Al: Solução tampão pH 7,0; CTC: Capacidade de troca de cátions; V%: Saturação por bases; Textura do solo: Densímetro.



**Figura 1** – Volatilização diária de NH<sub>3</sub> após aplicação superficial de ureia (UR) e ureia recoberta por polímeros (Producote) e inibidor de urease (SuperN). Aos 17 dias, os grânulos de Producote remanescentes foram quebrados e deixados sobre o solo.



**Figura 2** – Volatilização acumulada de NH<sub>3</sub> após aplicação superficial de ureia (UR), ureia recoberta por polímeros (Producote) e inibidor de urease (SuperN). Análise estatística comparando fontes de N antes e após a quebra do grânulos de Producote. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, pelo teste Tukey, p ≤ 0,05. Coeficiente de variação: 28%.