

Adição de carbono ao solo e as perdas de nitrogênio da uréia por volatilização da amônia

Vale, M. L. C. do¹; Sousa, R. O. de²; Scivittaro, W. B.³; Teixeira, D. A.⁴

¹Departamento de Solos FAEM/UFPEL, email: mvalc@ufpel.edu.br. Apresentador

²Departamento de Solos FAEM/UFPEL, email: rosousa@ufpel.edu.br.

³Embrapa Clima Temperado, email: wbscivittaro@cpact.embrapa.br

⁴Instituto Federal Sul-Rio-Grandense, email: almadateixeira@bol.com.br

Resumo

Este estudo avaliou as perdas de nitrogênio da uréia por volatilização da amônia em função da adição de diferentes doses de carbono ao solo. Os tratamentos consistiram na aplicação de duas doses de carbono equivalentes em massa a 5 e 10 ton ha⁻¹, e um tratamento adicional sem adição de carbono. Para a avaliação da volatilização da amônia utilizou-se o método descrito por Dal Canton (2005). A observação da quantidade de amônia volatilizada foi realizada a 1, 3, 5, 8, 11 e 15 dias após a aplicação da uréia. A análise estatística foi realizada com base nos parâmetros ajustados de um modelo logístico. Inicialmente avaliou-se o efeito global de tratamento através de análise multivariada da variância. Em seguida avaliou-se o efeito específico da adição de carbono através da análise individual dos parâmetros. Em ambos os casos, as médias foram comparadas por contrastes ortogonais. A análise multivariada demonstrou o efeito global da adição de carbono. A análise individual dos parâmetros mostrou que a adição de carbono antecipa as perdas por volatilização da amônia. O teste por contrastes mostrou que o efeito da adição de carbono independe da dose aplicada.

Introdução

A uréia continua sendo o principal fertilizante nitrogenado utilizado na agricultura brasileira. Embora seja uma das fontes com menor custo por unidade do nutriente, também figura entre aquelas com maior susceptibilidade a perdas de nitrogênio por volatilização da amônia.

A susceptibilidade da uréia a perdas por volatilização da amônia decorre do processo de quebra da molécula por hidrólise, catalizada pela ação da enzima urease, liberando no solo amônio, dióxido de carbono e água. A reação consome íons hidrogênio, reduzindo a concentração de hidrônio e promovendo uma elevação no pH em volta do grânulo (Watson, 2000). A energia com que o nitrogênio retém seus quatro hidrogênios torna-se menor que a energia de atração por hidrogênios exercida pelas hidroxilas, fazendo com que o amônio libere um hidrogênio e converta-se à amônia, forma do nitrogênio com alta pressão de vapor e com grande tendência a deslocar-se do solo para atmosfera (Follet & Hatfield, 2008).

A intensidade do processo pode ser regulada por fatores ambientais, dentre estes, àqueles relacionados à atividade microbiológica no solo apresentam acentuada relevância, uma vez que a reação é altamente influenciada pela atividade da enzima urease.

Urease é uma enzima extracelular liberada no solo principalmente por plantas e microorganismo quimioheterotróficos para catálise da reação de hidrólise da uréia. A enzima altera a estrutura da uréia facilitando sua quebra, onde a taxa de hidrólise depende da atividade da urease no solo (Valenzuela et al., 2008). Na solução do solo, a atividade da urease é dependente da umidade, temperatura, interações com colóides do solo e de sua concentração (Nannipieri et al., 2002).

A concentração de urease é altamente correlacionada com o desenvolvimento de microorganismo quimioheterotróficos (Böhme & Böhme, 2005). O desenvolvimento microbiano é influenciado principalmente pela temperatura, umidade, oxigenação e aspectos relacionados à nutrição (Alexander, 1961). Para estes os aspectos nutricionais, a quantidade de carbono prontamente degradável apresenta maior relevância, uma vez que a degradação de compostos orgânicos configura-se como a principal fonte de energia para o metabolismo microbiano.

Para obtenção de energia a partir do metabolismo do carbono, os microorganismos necessitam absorver quantidades adequadas de outros nutrientes. O nitrogênio é um dos que apresenta maior relação com a utilização do carbono como fonte de energia, onde a relação média de carbono e nitrogênio nas células microbianas deve ser de aproximadamente 10:1 (Mcgill, 2007).

Ainda segundo o autor, a parede das células microbianas é impermeável para moléculas relativamente grandes como a uréia. Apesar dos microorganismos serem capazes de absorver alguns aminoácidos e proteínas, quando adicionado carbono prontamente degradável ao solo, estes liberam uma grande quantidade de enzimas, dentre elas a urease, para conversão de compostos nitrogenados complexos a amônio, uma das formas do nitrogênio predominantemente absorvida

Esta intensa liberação pode fazer com que, mesmo depois de atendidas as necessidades pelo nitrogênio, uma grande quantidade de urease permaneça no solo, a qual pode conduzir a uma alta taxa de hidrólise da uréia aplicada, favorecendo as perdas de nitrogênio por volatilização da amônia.

Em virtude do exposto, realizou-se um estudo com o intuito de avaliar as perdas de nitrogênio da uréia por volatilização da amônia, em função da adição de diferentes quantidades de carbono prontamente degradável ao solo.

Materiais e Método

O estudo foi realizado em casa de vegetação pertencente à Embrapa Clima Temperado, município de Pelotas, RS. O solo utilizado foi coletado da camada de 0-10 cm de um Planossolo Háptico. Após a coleta, o solo foi destorroado, seco em estufa de ventilação forçada à temperatura de 40° C, e peneirado em malha de 2 mm, sendo retiradas amostras para caracterização química e física, o qual apresentou baixo teor de matéria orgânica, baixa saturação por bases, pH 5,6 e enquadrando-se na classe 4 para argila, segundo Manual de Adubação e Calagem (SBCS, 2004).

Os tratamentos consistiram na aplicação de duas diferentes doses de carbono prontamente degradável sobre os solos na forma de solução (T2 e T3), e um tratamento adicional sem adição de carbono (T1). O delineamento experimental foi completamente casualizado com quatro repetições.

Para aplicação dos tratamentos, foram colocadas 1500 g de solo seco e peneirado em duas bandejas de plástico, adicionando-se um tratamento para cada bandeja. Após a adição dos tratamentos, os solos foram mantidos a uma temperatura média de 25° C por 14 dias, adicionando-se 100 ml de água deionizada a cada três dias, no intuito de estimular o desenvolvimento microbiano. O tratamento adicional foi submetido ao mesmo processo de incubação que os demais.

As doses de carbono foram equivalentes em massa às doses de 5 (T2) e 10 (T3) ton.ha⁻¹ de carbono orgânico, na forma de sacarose, as quais foram diluídas em 150 ml de água deionizada. Para cada solução, foram adicionados nitrogênio e fósforo, na forma de sulfato de amônia e superfosfato triplo, em quantidades suficientes para atender as relações de 10:1 (C:N) e 200:1 (C:P), no intuito de evitar a imobilização do nitrogênio oriundo da uréia aplicada.

Após o período de incubação, colocaram-se 300g de solo, apresentando umidade gravimétrica média de 19 %, em potes de vidro com diâmetro de 8,98 cm, área de 0,00633 m² e altura de 15 cm, sendo quatro potes para cada tratamento, os quais consistiram nas unidades de observação. A uréia foi aplicada na superfície do solo contido nos potes, em quantidade equivalente em área à dose de 150 kg.ha⁻¹ de N.

Dentro de cada pote foram colocados 10 ml de ácido bórico, contendo o indicador misto de Verde de Bromocresol e Vermelho de Metila, em copos plásticos de 50 ml, para a recuperação da amônia volatilizada. Os copos plásticos foram posicionados em um tripé colocado dentro de cada um dos potes mantendo uma altura aproximada de 4 cm da superfície do solo. Os copos foram trocados nos intervalos de 1, 3, 5, 8, 11 e 15 dias, a partir da aplicação da uréia, sendo imediatamente titulados com Ácido Clorídrico, convertendo-se o resultado à mg de N volatilizado.pote⁻¹ acumulado. Foram ajustadas curvas para cada repetição através do modelo logístico simplificado:

$$N_{\text{volatilizado}} = \frac{\theta}{1 + e^{-(D2 - \text{tempo}) / Vmax}}$$

Onde θ define a perda máxima, $D2$ indica o ponto de inflexão da curva, tempo é o tempo em dias após a aplicação da curva e $Vmax$ define a taxa de volatilização. Para o teste de hipóteses foram utilizados os valores dos parâmetros ajustados pelo modelo.

Inicialmente, a comparação foi realizada pelo método multivariado de análise variância e teste de médias por contrastes, ambos a um nível de significância de 10%, para os quais foi utilizado o conjunto dos parâmetros estimados, avaliando-se assim o efeito global de cada tratamento. No segundo momento, os parâmetros foram avaliados individualmente pelo método univariado de análise da variância, a 10% de significância, no sentido de identificar a ação específica do fator sobre o comportamento do fenômeno estudado. O teste de médias univariados também foi realizado por contrastes ortogonais.

Resultados e Discussão

A análise multivariada da variância mostrou a existência de efeito de tratamento sobre as perdas por volatilização da amônia. A comparação de médias mostrou que a adição de carbono ao solo promoveu diferenças significativas no comportamento da volatilização da amônia. Porém, a comparação apenas dos tratamentos com adição de carbono, mostrou que a intensidade do efeito independente da dose de carbono adicionada (Tabela 1).

Na análise individual dos parâmetros, observou-se efeito significativo de tratamento apenas para o parâmetro *D2*, onde a comparação de médias apresentou os mesmos resultados observados para a análise multivariada (Tabela 1).

Tabela 1. Estatística Lambda de Wilk's e probabilidade *p* aproximada para o teste multivariado (Manova), e probabilidade *p* do teste univariado para o parâmetro *D2* (Anova).

Contraste	Manova		Anova (<i>D2</i>)
	Lambda de Wilk's	<i>p</i>	<i>p</i>
T1 vs T2+T3	0.02308582	0.0010	<.0001
T2 vs T3	0.27842851	0.1311	0.2739

Observa-se, que a adição de carbono não alterou a velocidade de perda ou a quantidade total de nitrogênio perdido por volatilização da amônia. Sua atuação limitou-se a transladar a curva média de perdas acumuladas, fazendo com que, para os tratamentos com adição de carbono, o ponto de inflexão, ou ponto em que as perdas chegam a metade de seu total, fosse alcançado entre o segundo e terceiro dias após a aplicação da uréia, onde para o tratamento sem adição de carbono, o mesmo ponto foi alcançado somente entre o quarto e quinto dias (Figura 1).

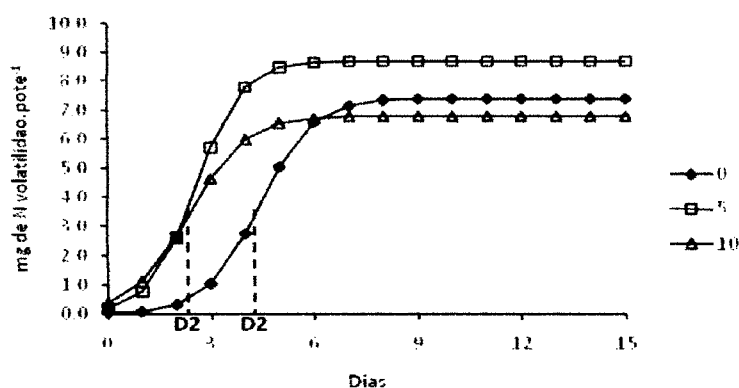


Figura 1. Perdas médias acumuladas de nitrogênio por volatilização da amônia (mg de N.pote⁻¹), em função dos dias após a aplicação da uréia, para as três doses de carbono.

Resultados semelhantes foram observados por Moe (1961), em estudo realizado para avaliação das perdas de nitrogênio por volatilização da amônia em função da alteração da atividade da urease. Segundo o autor, o incremento na atividade da enzima não alterou a quantidade total volatilizada. Da Ros et al. (2005) também observaram que, para as mesmas condições de umidade e temperatura, não houve diferenças significativas para o total de amônia volatilizada, entre tratamentos com e sem adição de resíduos de aveia ao solo.

O efeito exclusivo sobre o parâmetro D2 indica que o aumento da concentração de urease no solo, apesar de alterar a taxa de hidrólise, não altera o equilíbrio dinâmico do nitrogênio na interface solo-atmosfera, para uma mesma concentração de uréia adicionada ao solo. O efeito sobre o volume de nitrogênio volatilizado parece estar muito mais relacionado à manifestação de forças de atração exercidas por colóides minerais e orgânicos do solo.

Scivittaro et al. (2010) observaram valores de perdas de nitrogênio por volatilização em um Planossolo Háptico eutrófico solódico, superiores aqueles observados por Da Ros et al. (2005), em avaliação realizada em um Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico arênico. Estas diferenças podem estar basicamente relacionadas às diferenças nos teores de argila observados para as duas classes de solo. Costa et al. (2004) avaliaram as perdas de nitrogênio por volatilização em três classes de solos argilosos. Os autores observaram que a composição mineralógica do solo foi determinante para as perdas máximas por volatilização, sendo mais elevadas em solos mais intemperizados.

As evidências observadas neste trabalho, associadas aos resultados encontrados por outros autores, indicam que os fatores que influenciam a volatilização da amônia atuam de formas diferentes sobre o processo. A avaliação da interferência sobre o comportamento global da variável pode indicar o grau de importância destes para o processo. Contudo, o entendimento da atuação específica de cada fator pode auxiliar na adoção do manejo mais adequado, a fim de reduzir o volume de perdas de nitrogênio por volatilização.

A análise multivariada demonstrou a alta relevância da adição de carbono degradável para o processo de volatilização. A análise individual dos parâmetros revelou que, para solos com elevada adição de carbono orgânico, a atuação deve ser no sentido de antecipar a adoção de qualquer prática de manejo relacionada à mitigação das perdas de nitrogênio da uréia por volatilização da amônia.

Conclusões.

A adição de carbono degradável ao solo antecipa o processo de perdas de nitrogênio da uréia por volatilização da amônia.

A avaliação do efeito global e específico dos fatores relacionados à volatilização da amônia facilita a percepção do manejo mais adequado a ser adotado para a mitigação das perdas de nitrogênio.

Referências

- ALEXANDER, M. *Introduction to soil microbiology*. 1961. p. 500.
- BÖHME, L.; BÖHME, F. Soil microbiological and biochemical properties affected by plant growth and different long-term fertilization. *European Journal of Soil Biology*, v. 42, p. 1-12, 2006.
- COSTA, A. C. S. da; FERREIRA, J. C.; SEIDEL, E. P.; TORMENA, C. A.; PINTRO, J. C. Perdas de nitrogênio por volatilização da amônia em três solos argilosos tratados com uréia. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 26, n. 4, p. 467-473, 2004.
- DA ROS, C. O.; AITA, C.; GIACOMINI, S. J. Volatilização de amônia com aplicação de uréia na superfície do solo, no sistema plantio direto. *Ciência Rural*, v. 35, n. 4, p. 799-805, 2005.
- DAL CANTON, D. Volatilização da amônia proveniente da uréia e do sulfato de amônio em solo alagado. Pelotas, 2005. 55f. Dissertação (Mestrado). Solos. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Universidade Federal de Pelotas.
- FOLLET, R. F.; HATFIELD, J. L. *Nitrogen in the environment: sources, problems and management*. 2th edition, 2008. p. 333-393.
- McGILL, W. B. The physiology and biochemistry of soil organisms. In: PAUL, E. A. *Soil microbiology and biochemistry*. 3th edition. 2007. part II, cap. 9, p. 231-281.
- MOE, P. G. Nitrogen losses from urea as affected by altering soil urease activity. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, v. 31, p. 380-382, 1961.
- NANNIPIERI, P.; KANDELLER, E. RUGGIERO, P. Enzymes activities and microbiological and biochemical processes in soil. In: BURNS, R. G.; DICK, R. P. *Enzymes in the environment: activity, ecology and applications*. 2002. cap. 1, p. 1-33.
- SCIVITTARO, W.B.; GONÇALVES, D. R. N.; VALE, M. L. C.; RICORDI, V. G. Perdas de nitrogênio por volatilização de amônia e resposta do arroz irrigado à aplicação de uréia tratada com o inibidor de urease NBPT. *Ciência Rural*, v. 40, n. 6, p. 1283-1289, 2010.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. *Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina*. 10^a edição. SBCS. Comissão de Química e Fertilidade do solo. 2004. 400 p.
- VALENZUELA, Q. S.; SUKURU, S. C. K.; HAUSINGER, R. P.; KUHN, L. A.; HELLER, W. T. The structure of urease activation complexes examined by flexibility analysis, mutagenesis, and small-angle x-ray scattering. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, v. 408, p. 51-57, 2008.
- WATSON, C. J. *Urease activity and inhibition: principles and practice*. The international fertilizers society. 2000. 40 p.