

SOLOS E NUTRIÇÃO

PERDAS POR VOLATILIZAÇÃO DO NITROGÊNIO FERTILIZANTE APLICADO EM POMARES DE CITROS

DIRCEU MATTOS JUNIOR¹, HEITOR CANTARELLA² e JOSÉ A. QUAGGIO²

RESUMO

A produção dos citros é bastante influenciada pela fertilização nitrogenada. O manejo adequado do pomar está associado ao uso eficiente dos fertilizantes. Contudo, em vista das características das diferentes fontes de nitrogênio (N), podem ser bastante significativas perdas do N aplicado por volatilização de amônia (NH₃). Resultados de pesquisas desenvolvidos em pomares de citros na Flórida e no Brasil demonstram o potencial de perda de NH₃ após a aplicação de uréia e nitrato de amônio na superfície do solo.

Termos de indexação: amônia, uréia, nitrato de amônio, fertilização.

SUMMARY

GASEOUS LOSSES OF NITROGEN FERTILIZERS APPLIED TO CITRUS ORCHARDS

Fruit yield of citrus is largely regulated by the N fertilization. Adequate nutrient management of citrus trees is

¹ Centro APTA Citros Sylvio Moreira/IAC. Rod. Anhanguera, km 158, 13490-970 Cordeirópolis (SP). E-mail: ddm@centrodecitricultura.br.

² Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Solos e Recursos Ambientais (IAC). Av. Barão de Itapura, 1481, 13001-970 Campinas (SP). Bolsista do CNPq.

related to efficient use of nitrogen (N) fertilizers. However, losses of N through volatilization of ammonia (NH_3) can be very significant due to the characteristics of different N sources. Research reports conducted in orange groves in Florida and Brazil have demonstrated the potential for NH_3 losses following application of urea and ammonium nitrate to the soil surface without incorporation of the fertilizer.

Index terms: ammonia, urea, ammonium nitrate, fertilization.

1. INTRODUÇÃO

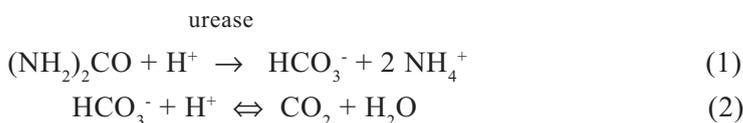
A produção dos citros é bastante dependente da fertilização com nitrogênio (N) porque esse nutriente tem importante papel no crescimento vegetativo e no desenvolvimento reprodutivo. Sua exportação pela colheita de frutos é cerca de 1,2 a 1,9 kg N t⁻¹, a qual é comparável à de potássio e muito superior à de outros nutrientes.

A uréia [$(\text{NH}_2)_2\text{CO}$] é o fertilizante nitrogenado que mais se emprega nos diferentes sistemas de produção agrícola no Brasil e no mundo. Isso se deve ao baixo custo por quilograma de N, à alta solubilidade e ao alto teor de N no fertilizante (45% N), o que favorece o transporte, a estocagem, o manuseio e a aplicação no campo via solo e via foliar. Contudo, a eficiência agronômica da uréia pode ser bastante reduzida em virtude da perda de N por volatilização de amônia (NH_3) para a atmosfera. Perdas por volatilização para outras fontes de N, como nitrato de amônio, têm sido menores.

2. VOLATILIZAÇÃO DE AMÔNIA

Dependendo do pH do solo, qualquer adubo que contenha N amoniacal está sujeito a perdas de N por volatilização de NH_3 . No entanto, em solos ácidos, predominantes na região citrícola brasileira, as perdas esperadas devem ser muito pequenas para a maioria dos fertilizantes, exceto para a uréia.

No solo, a uréia é hidrolisada pela ação da urease, uma enzima produzida por bactérias e fungos e também presente em resíduos vegetais. A hidrólise desse adubo consome íons hidrogênio (H^+) e provoca um aumento localizado do pH do solo, na região próxima do local de aplicação (Reações 1 e 2).



O ion amônio (NH_4^+) na fase aquosa (aq) do solo entra em equilíbrio com a amônia (NH_3) (Reação 3). Com o aumento da concentração do NH_4^+ em solução, ocorre o deslocando do equilíbrio da reação no sentido da formação de NH_3 .



O $NH_3(aq)$, por sua vez, está sujeito à volatilização conforme a reação abaixo:



O equilíbrio da Reação 3 é descrito para soluções puras e, dada a natureza de dissociação das espécies químicas, por uma expressão definida quimicamente como pK_a , a qual relaciona o pH da solução em que a concentração relativa de NH_4^+ e NH_3 é de 50%. Para esse equilíbrio em particular (Reação 4), o pK_a é 9,5 e nos informa ainda que nos valores de pH = 6, 7, 8 e 9, aproximadamente 0,036, 0,36, 3,6 e 36% do N total na solução de equilíbrio estará presente como $NH_3(aq)$ respectivamente. Assim, a perda de NH_3 para a atmosfera estará basicamente relacionada ao pH e à concentração de NH_4^+ na solução do solo. As perdas aumentam em função de condições ambientes, tais como alta temperatura e umidade do solo, e elevado gradiente de concentração de NH_3 na atmosfera, favorecido pela velocidade do vento.

A volatilização de NH_3 nos pomares de citros é mais significativa quando se aplica o fertilizante nitrogenado em solos arenosos, com menor poder tampão (CTC) e pH alto e em caso de uso de doses mais

elevadas de N. A aplicação do fertilizante na superfície do solo coberto com resíduos vegetais tende a aumentar as taxas de perdas do N, em vista de uma barreira formada pelos resíduos entre o grânulo do fertilizante e o solo, da manutenção da umidade do solo na camada superficial por períodos mais prolongados, e da maior atividade da enzima urease, responsável pela transformação bioquímica do N amídico no íon amônio (NH_4^+). A incorporação do fertilizante em profundidade no solo tende a reduzir significativamente as perdas de NH_3 .

O manejo do mato na citricultura procura minimizar a competição das plantas invasoras para aumentar o potencial de produção de frutos. A aplicação de herbicidas, na linha de plantio, nos dois lados da árvore, e a roçada mecânica do mato na entrelinha, lançando os resíduos sob a copa, onde os fertilizantes são normalmente aplicados a lanço, tornaram-se práticas bastante comuns. A incorporação do fertilizante no solo de pomares já instalados é normalmente difícil e pode causar sérias injúrias ao sistema radicular dos citros.

Existem na literatura trabalhos medindo as perdas potenciais, por volatilização de NH_3 , do N aplicado em sistemas agrícolas e desenvolvidos em ambientes controlados, tais como laboratório e casas de vegetação. Contudo, essas estimativas de perda podem não representar as condições de campo, pelo preparo de amostras de solo e pelas condições artificiais do ambiente, como temperatura, umidade e fluxo de ar na superfície.

3. VOLATILIZAÇÃO DE NH_3 EM CONDIÇÕES DE CAMPO

Existem vários métodos propostos para avaliar as perdas de N por volatilização no campo e que utilizam coletores de NH_3 , isótopo estável ^{15}N e informações micrometeorológicas. O uso de câmaras semi-abertas - coletor de Nômmik - para permitir trocas gasosas com a atmosfera e instaladas diretamente sobre a superfície do solo, contendo internamente esponjas preparadas em laboratório para fixar o gás NH_3 proveniente do fertilizante, é uma estratégia bastante eficaz.

Efetuararam-se as avaliações utilizando as câmaras descritas em um pomar de laranja Hamlin com seis anos de idade, na Flórida, plantadas em um solo arenoso (97% de areia) e com pH de 6,9 na camada superficial. Após a aplicação de uréia e nitrato de amônio, verificou-se um rápido aumento das perdas de N por volatilização de NH_3 , durante os cinco dias após a aplicação dos fertilizantes. Maiores perdas foram constatadas quando se utilizou a uréia, para a qual atingiu cerca de 11% do N total aplicado (Figura 1 A e B). Diferenças entre as fontes de N deveram-se à variação do pH do solo, ocorrido após a aplicação dos fertilizantes. No caso da uréia, o pH do solo aumentou de 6,9 para 8,4, não havendo variação significativa para o pH do solo não adubado e daquele que recebeu o nitrato de amônio.

Para simular o efeito do gradiente de concentração de NH_3 entre a superfície do solo e a atmosfera, instalou-se microventiladores no interior das câmaras regulado na velocidade média do vento no pomar ($0,7 \text{ m s}^{-1}$). As perdas totais estimadas para uréia e nitrato de amônio aumentaram, representando 12 e 30% do N total aplicado no solo nas formas de nitrato de amônio e uréia, respectivamente, Figura 1A e 1B.

No Brasil, em pomar de laranja Valência com cinco anos de idade e plantado em um solo de textura média e pH de 5,4 na camada de 0 a 20 cm de profundidade, avaliou-se a perda de N por volatilização de NH_3 em três diferentes safras agrícolas, após a aplicação de uréia e nitrato de amônio (Figura 2A, B e C). Embora o pH fosse inferior ao observado no solo na Flórida, as perdas de N foram bastante significativas para a uréia, pois o pH da solução do solo ao redor dos grânulos de uréia pode chegar a valores superiores a 9, após dissolução do fertilizante e hidrólise.

Novamente, maiores taxas de volatilização ocorreram durante os três primeiros dias após a aplicação dos fertilizantes em abril (fim do período das chuvas). As perdas cumulativas de NH_3 provenientes do nitrato de amônio representaram, no máximo, 10% do N aplicado ao solo. As perdas do N aplicado observadas para a uréia variaram de 15 a 26% na dose de $6,7 \text{ kg ha}^{-1}$ de N, 15 a 32% na dose de $33,3 \text{ kg ha}^{-1}$ de N, e 19 a 44% na dose de N, de $86,7 \text{ kg ha}^{-1}$ de N, nos três anos avaliados. Essas doses representaram um terço da dose de N aplicada anualmente no pomar.

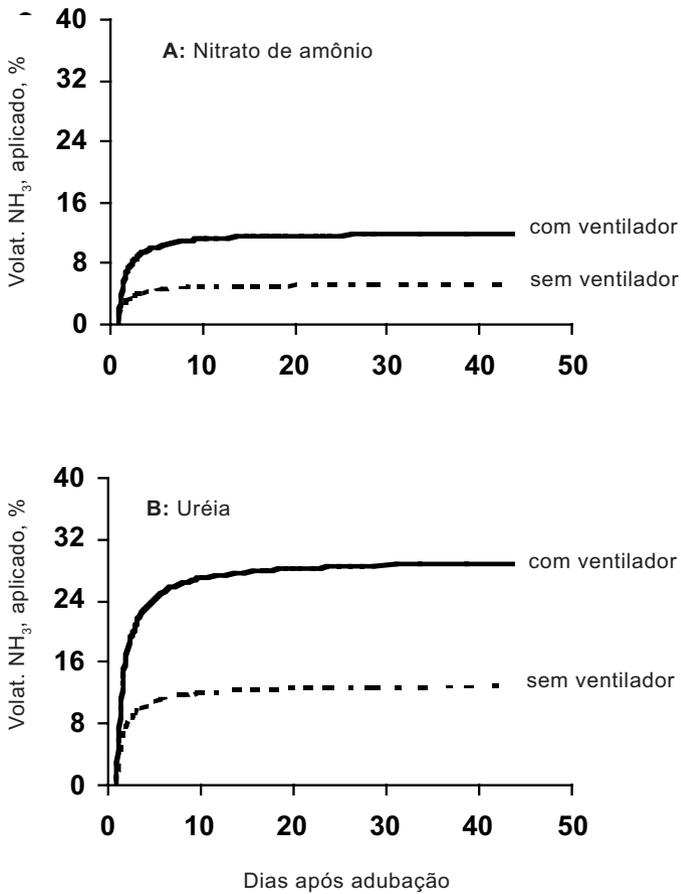


Figura 1. Perda cumulativa de N, aplicado como (A) nitrato de amônio e (B) uréia na superfície do solo, por volatilização de amônia, em pomar de laranja ‘Hamlin’ na Flórida. Legenda: com ventilador = com circulação adicional de ar na câmara de amostragem simulando a velocidade do vento no campo; sem ventilador = sem circulação adicional de ar na câmara de amostragem.

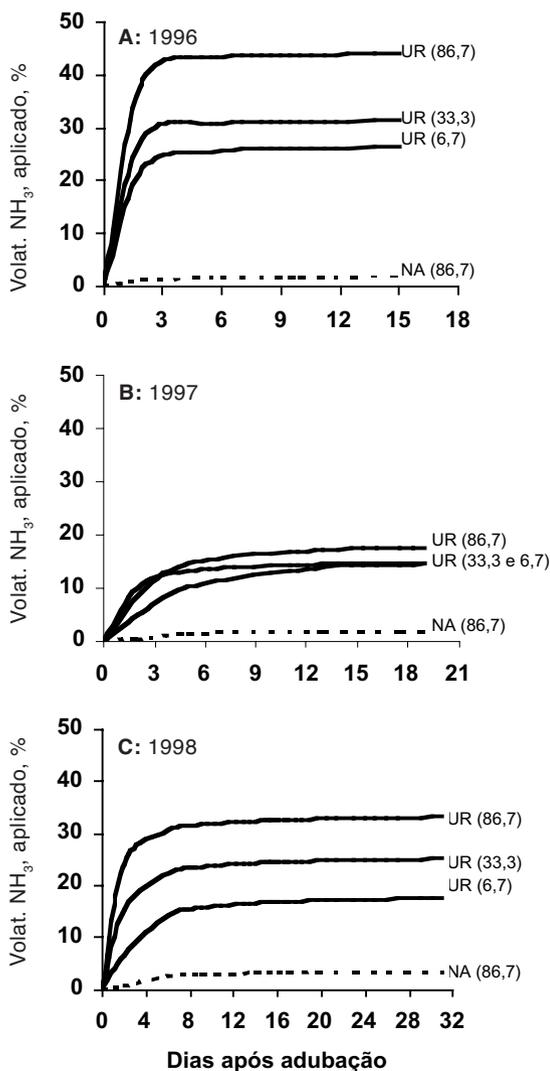


Figura 2. Perda cumulativa de N, aplicado como uréia e nitrato de amônio na superfície do solo, por volatilização de amônia, em pomar de laranja 'Valência' no Brasil. Legenda: UR = uréia e NA = nitrato de amônio; números entre parênteses indicam a dose de N, em kg ha^{-1} , aplicada na superfície.

A sobreposição dos grânulos do fertilizante nas maiores doses favorece as reações químicas já explicadas e, conseqüentemente, o potencial de volatilização de NH_3 . Outro fator que contribuiu à variação de perdas de NH_3 foram as chuvas. Em 1996 e 1999, a aplicação dos fertilizantes foi feita com o solo úmido, favorecendo a solubilização dos fertilizantes e a hidrólise e, aumentando, por conseguinte, a concentração de NH_4^+ na solução do solo e a volatilização de NH_3 (Reação 3). Em 1997, a superfície estava seca, determinando menor taxa de volatilização de NH_3 nos dias subseqüentes à aplicação dos fertilizantes. Seis dias depois, uma chuva de 41 mm praticamente cessou as perdas por volatilização pela remoção ou incorporação do NH_4^+ para camadas mais profundas.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Perdas de N por volatilização de NH_3 reduzem a eficiência do fertilizante nitrogenado aplicado na superfície e sem incorporação, em pomares de citros, podendo chegar a 44% do total aplicado quando a fonte é a uréia, mesmo quando a reação do solo é ácida. O nitrato de amônio deve ser a fonte preferida para o manejo nutricional dos citros quando o potencial de perdas é significativo, já que as taxas de volatilização de NH_3 verificadas foram sempre menores em relação à uréia.

BIBLIOGRAFIA

- CANTARELLA, H. & QUAGGIO, J.A. Adubação com macro e micronutrientes em citros. In: DONADIO, L.C. & BAUMGARTNER, J.G. (Eds.) In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE CITROS - NUTRIÇÃO E ADUBAÇÃO, 4., 1996, Campinas. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill. 1996. p.161-178.
- MATTOS JUNIOR, D. **Citrus response functions to N, P, and K fertilization and N uptake dynamics**. 2000. 133p. Tese (Ph.D. Agricultural and Life Sciences, Soil and Water Science Dept.) - University of Florida, Gainesville FL.
- NÔMMIK, H. The effect of pellet size on the ammonia loss from urea applied to forest soil. **Plant and Soil**, v.39, p.308-318, 1973.
- STEVENSON, F.J. & COLE, M.A. **Cycles of soil: carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur, micronutrients**. 2ed. New York : John Wiley, 1999. 427p.