

Produtividade da Cana-de-Açúcar Relacionada a Localização de Adubos Nitrogenados Sobre a Palha

* A.C. Vitti, *P.C.O. Trivelin, *G.J.C. Gava e **C.P. Penatti

RESUMO

O experimento foi desenvolvido em campo, em soqueira de cana-de-açúcar de terceiro corte, colhida mecanicamente sem a queima prévia. Com o objetivo de obter respostas a respeito da melhor localização dos adubos nitrogenados, compararam-se as perdas por volatilização e a produtividade de cana ($t\ ha^{-1}$) com adubações de $70\ kg\ ha^{-1}$ de nitrogênio nas formas sólidas: uréia, sulfato de amônio (SA) e nitrato de amônio (NA); e fluidas: uran e aquavin (mistura de aquamônia e vinhaça). Os adubos foram aplicadas sobre a palha, em faixa (banda), ao lado da linha da soqueira, e em área total, exceto a aquavin que foi aplicado somente em área total. As fontes nitrogenadas contendo N-amídico (uréia e uran) apresentaram as maiores perdas por volatilização, principalmente, quando aplicadas em faixa. A baixa volatilização de amônia da mistura aquamônia e vinhaça (aquavin) permitiu recomendar sua aplicação sobre a palha de cana-de-açúcar na adubação de soqueiras. As perdas de N por volatilização causaram redução na produtividade da cana-de-açúcar. As formas de aplicação, em faixa ou em área total, não influenciaram a produtividade de cana ($t\ ha^{-1}$).

SUMMARY

The experiment was carried out with second ratoon-crop sugarcane field previously harvested mechanically without burn the trash. The objective was to assess the best way to apply nitrogen fertilizers, also the losses of ammonia by volatilization and the yield of sugarcane fertilized with $70\ kg\ ha^{-1}$ of N. The sources of nitrogen fertilizers were the solid forms: urea, ammonium sulfate (AS) and ammonium nitrate (AN), and the fluid forms: UAN and aquavin (mixture of vinasse and aquammonia). The nitrogen sources were placed on the straw in band beside the sugar-

cane rows and in total area, except for the aquavin treatment that was only applied in total area. The sources of nitrogen containing amidic-N (urea and UAN) presented the larger losses by ammonia volatilization, mainly when applied in band. The low ammonia losses for aquavin allowed to recommend its application on straw in ratoon crops fertilization. The losses of N by volatilization decreased the sugarcane yield. The placement of N fertilizers in band or in total area had no effect in the sugar-cane yields.

PALAVRAS CHAVES: Cana-de-açúcar, modo de aplicação, adubos nitrogenados, volatilização

INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

Com o uso intensivo da colheita mecanizada da cana-de-açúcar sem a queima prévia do canavial, ficando o solo coberto com $10\ a\ 20\ t\ ha^{-1}$ de material seco de resíduos culturais, tem sido levantadas as seguintes questões: qual é a melhor fonte nitrogenada para se aplicar nas adubações de soqueira? Qual é o melhor localização dos adubos nitrogenados, em área total ou em faixa, sobre ou ao lado da linha de soqueira? Seria a dose de nitrogênio a mesma recomendada para o sistema com queima da palha?

Após a aplicação do adubo nitrogenado no solo ocorrem várias transformações químicas, podendo resultar em perdas do nutriente do sistema solo-planta que são difíceis de serem quantificadas de maneira precisa. O que se busca na atualidade é reduzir essas perdas com o manejo adequado da adubação. A uréia aplicada em superfície sobre a palhada pode diminuir muito a sua eficiência agrônômica, como resultado das perdas de amônia por volatilização (Kiehl, 1989; Freney et al., 1994; Lara Cabezas et al., 1997; Trivelin et al., 1998; Vitti et al., 2002). Os fertilizantes nitrogenados aplicados sobre a palha devem ser nítricos ou amoniacais, pois a fonte amídica, por exemplo a uréia, apresenta perda elevada de amônia por volatilização. Trabalhos realizados com uréia e uran aplicados na superfície do solo, em plantio direto de milho, mostraram que as perdas de amônia

por volatilização foram baixas para o uran e elevadas para a uréia (Johnson, 1987; Lara Cabezas et al., 1997; Lara Cabezas et al., 2000). Na Austrália, o sulfato de amônio foi considerado a melhor fonte de N para ser aplicado sobre a palha de cana-de-açúcar devido às reduzidas perdas de amônia (Wood, 1991). Existem alternativas para se aplicar fertilizantes de baixa estabilidade química na superfície do solo, como a aquamônia misturada à fonte fornecedora de ions H^+ , como a vinhaça (Trivelin et al., 1998). Por essas considerações, objetivou-se com a pesquisa quantificar as perdas de nitrogênio por volatilização e a produtividade de colmos ($t\ ha^{-1}$) em relação às fontes nitrogenadas aplicadas, sobre a palha, em faixa e em área total, na dose de $70\ kg\ ha^{-1}$ de N.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em campo, em um solo classificado como Neossolo Quartzarênico ($861\ g\ kg^{-1}$ de areia) no município de Pirassununga, SP, em soqueira de cana-de-açúcar de terceiro corte (safra 1999/2000) da variedade SP81-3250, colhida mecanicamente e sem a queima da palha. A caracterização química do solo na camada de 0-20 cm de profundidade foi: pH ($CaCl_2$) 5,2; fósforo (resina) $7,0\ mg\ dm^{-3}$; S- SO_4 $8,0\ mg\ dm^{-3}$; potássio $0,5\ mmol\ c\ dm^{-3}$; cálcio $14,0\ mmol\ c\ dm^{-3}$; magnésio $4,0\ mmol\ c\ dm^{-3}$; CTC de $37,5\ mmol\ c\ dm^{-3}$; V (%) 50,0. A área possuía uma cobertura de palha em torno de $14\ t\ ha^{-1}$ de matéria seca, contendo $62\ kg$ de N.

O estudo constou de diferentes fontes de N e formas de aplicação dos fertilizantes-N, totalizando 9 tratamentos, com 4 repetições distribuídas em blocos casualizados. A dose de $70\ kg\ ha^{-1}$ de N, estabelecida para todas as fontes (nitrato de amônio - NA; sulfato de amônio - SA; uréia e uran - composta por 50% de uréia e de nitrato de amônio respectivamente), foi aplicada sobre a palha, tanto em área total como em faixa, exceto para a mistura aquamônia e vinhaça (aquavin) que foi aplicada somente em área total. A área de cada parcela foi de $225\ m^2$, constituídas de dez segmentos de linhas de cana-de-açúcar, com 15 metros de comprimento e espaçadas de 1,50 m.

* Centro de Energia Nuclear na Agricultura - CENA/USP.

** Centro de Tecnologia Canavieira - CTC.

A vinhaça aplicada na superfície do solo apresentou, antes da adição da aquamônia, a seguinte composição química: 1,2; 0,1; 6,0; 2,3; 0,8; 2,7 e 33,1 kg m⁻³, respectivamente para N, P₂O₅, K₂O, CaO, MgO, Se matéria orgânica (MO); pH 4,3, e a acidez titulável à pH 7 em torno de 90 mmol L⁻¹ de H⁺. Após a mistura com aquamônia, o teor de N se elevou para 2,5 kg m⁻³ e o pH ficou em torno de 6,3.

Imediatamente após a aplicação dos fertilizantes nitrogenados (01/09/1999), foram instalados os coletores de amônia semi-abertos estáticos, um por parcela, contendo espumas embebidas em ácido sulfúrico, como absorvedor da amônia volatilizada do solo (Lara Cabezas et al., 1999). As determinações das perdas de amônia do solo foram feitas no período de 2 a 21 de setembro de 1999. A média das temperaturas mínimas e máximas no período foi em torno de 22°C e a pluviosidade de 38 mm, ocorrendo precipitação de 3 e 35 mm, respectivamente, aos 10 e 15 dias após a adubação. A Figura 1 apresenta os valores mensais de precipitação do ano/safra agrícola de 1999/2000, fornecidos pela Usina São Luiz - DEDINI, em Pirassununga, SP.

A coleta das espumas para determinação da volatilização de amônia foi realizada nos tempos de 2, 4, 7, 11, 15 e 20 dias após a aplicação das fontes nitrogenadas. Os procedimentos de adição de água ao solo no interior dos coletores após chuva, troca de absorvedor e a extração do amônio retido nos absorvedores, a determinação do N-NH₃ (expressos em kg ha⁻¹ de N-total) e cálculos, considerando a eficiência do aparelho coletor, foram realizados conforme Lara Cabezas et al. (1999).

Para avaliar a produção de colmos de cana-de-açúcar, em agosto de 2000, foram colhidas as plantas de seis metros lineares (três fileiras paralelas de dois metros cada), sendo os valores expressos em t ha⁻¹.

Os resultados de N-volatilizado e de produtividade de cana foram submetidos à análise de variância, utilizando o teste F ao nível de 95% de confiança. Posteriormente para as causas de variação significativas, foram aplicados os teste de significância de Tukey (p<0,05) nos tratamentos que envolveram as fontes (uréia, sulfato de amônio (SA), mistura de aquamônia e vinhaça (aquavin), uran e nitrato de amônio (NA)) e localização (aplicação sobre a palha em área total ou em faixa).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As maiores perdas de N por volatilização, dos adubos nitrogenados aplicados na dose de 70 kg ha⁻¹ de N, ocorreram para a uréia aplicada em faixa e em área total: 46 e 37% do N-adubo aplicado, respectivamente (Tabela 1). Essas perdas foram acumuladas no período de 20

dias após a aplicação. Para as fontes uréia e uran as perdas foram superiores em relação às demais, devido ao componente amídico, principalmente na aplicação em faixa (Tabela 1). As maiores perdas por volatilização das fontes com N-amídico aplicadas em faixa podem estar relacionadas à concentração do fertilizante em menor área, fazendo com que a urease da palha e/ou do solo atuasse por mais tempo na hidrólise da uréia. Santos et al. (1991) observaram aumento na velocidade de hidrólise da uréia com a concentração do fertilizante, porém não proporcional às doses de N. Nessa reação há consumo de H⁺ do meio, elevando, conseqüentemente, o pH, o que favorece a volatilização da amônia, principalmente, com o aumento das doses de uréia (Singh; Nye, 1984; Kiehl, 1989). A volatilização de amônia foi menor nas fontes NA, SA e mistura aquavin. A camada de palha sobre a superfície do solo, onde foi localizado os adubos, além de promover atividade ureolítica, favorece a perda de amônia, por funcionar como uma barreira entre o N-adubo e o solo, fazendo com que o N-NH₃ produto da hidrólise da uréia permaneça sobre os restos culturais. Portanto, a aplicação de fonte amídica sobre os restos culturais de cana-de-açúcar que fica sobre a superfície do solo, associada à temperatura elevada, baixa precipitação (principalmente no início da aplicação dos adubos nitrogenados) e a concentração do fertilizante (aplicação em faixa), contribuiu para o aumento da perda de N-NH₃ por volatilização. A volatilização de amônia do uran foi menor que da uréia, tanto na aplicação em faixa como em área total, mas o comportamento foi semelhante, uma vez que as perdas foram maiores para a aplicação em faixa (Tabela 1). Estes resultados assemelharam-se ao que foi discutido anteriormente na condição que se concentrou o fertilizante aplicado em faixa. Ocorreu menor percentual de perda do N da uréia (42%) que compõe a fonte uran em relação ao fertilizante uréia (46%), aplicados em faixa, considerando-se nulas as perdas do N da fonte nitrato de amônio. O NA que compõe a fonte uran, além de ser estável, pode reduzir a volatilização do NH₃, produto da hidrólise da uréia que compõe a fonte uran, devido o seu pH ser em torno de 5,5. Diversos trabalhos na literatura mostraram efeitos benéficos da mistura de fertilizantes aos nitrogenados. Kong et al. (1991) sugeriram que a mistura de compostos ácidos à uréia poderia ser usada para reduzir o pH do solo próximo aos grânulos e, desse modo, diminuiriam as perdas de amônia. Lara Cabezas et al. (1997) observaram que a adição de SA à uréia diminuiu as perdas de N por volatilização. Portanto, a mistura de fertilizante é mais um fator que poderá ser considerado na aplicação do N, sobre os resíduos

de cana-de-açúcar que permanecem na área após a colheita sem queima.

A baixa volatilização de N-amônia da mistura aquamônia e vinhaça (aquavin), constatada em campo (Tabela 1), confirmaram os resultados de Trivelin et al. (1998), podendo-se concluir que a mistura, pela sua estabilidade química, tem potencial para ser aplicada sobre os restos culturais de cana-de-açúcar. Considerando, ainda, a possível perda de N da vinhaça, em torno de 5 kg ha⁻¹ de N (Gava et al., 2001), a perda de amônia da fonte aquamônia seria ainda menor, tornando a aplicação dessa mistura tão segura quanto às das fontes SA e NA. Ao se aplicar a mistura fluida sobre a palha, além de estar suprindo em N o agrossistema, a solução ao se infiltrar pela camada de palha penetra no solo, possibilitando que o N-amoniaco venha a ser retido nos sítios ativos como NH₄⁺, sendo essa retenção maior com a CTC do solo. A volatilização também poderia ser reduzida à medida que se aumentasse o volume de vinhaça aplicada, mesmo não levando em consideração sua acidez total ou titulável (para pH da mistura < 7).

Em relação à produtividade de cana não houve diferença para as fontes nitrogenadas aplicadas em faixa ou área total (Tabela 1). A maior produtividade para a fonte SA se deveu à baixa volatilização ocorrida e/ou a presença de enxofre (S) do adubo, embora o solo apresentasse teor adequado de S-SO₄ na camada superficial (0-30 cm: teor médio de 10 mg dm⁻³ de S-SO₄) e elevado em subsuperfície (profundidade de 40-60 cm com teor superior a 40 mg dm⁻³ de S-SO₄). Esse mesmo efeito pode-se dizer da mistura Aquavin. As menores produtividades com as fontes uran e, principalmente, com a uréia se deveram, também, às perdas de N-NH₃ por volatilização. As perdas por volatilização de amônia do solo (Tabela 1), por exemplo, da fonte uréia aplicada em faixa, na dose de 70 kg ha⁻¹ de N, foi de 32 kg ha⁻¹ de N, permanecendo, portanto, uma dose efetiva de 38 kg ha⁻¹ de N teoricamente disponível no solo para a cultura. Correlações inversas foram obtidas por Lara Cabezas et al. (1997 e 2000) na cultura do milho, com redução na produção da ordem de 10 kg de grãos para cada 1% de N volatilizado. Portanto, a volatilização de N dos fertilizantes reduz a eficiência agrônômica dos mesmos, sendo importante considerar este fator nas recomendações de adubações nitrogenadas, quando aplicadas sobre o solo ou sobre a palha.

CONCLUSÕES

- As fontes nitrogenadas contendo N-amídico (uréia e uran) apresentaram maiores perdas por volatilização, especialmente quando aplicadas em faixa.

Tabela 1 - Nitrogênio volatilizado e produtividade de cana em relação a localização dos adubos nitrogenados em faixa e em área total (dose de 70 kg ha⁻¹ de N).

Fontes Nitrogenadas	N-NH ₃ volatilizado (kg ha ⁻¹)		Produtividade de cana (t ha ⁻¹)	
	Faixa	Área Total	Faixa	Área Total
Sulfato de amônio	2,0±0,1 a A	3,0±0,1 a A	72,8 a* A	76,0 a A
Nitrato de amônio	2,0±0,1 a A	4,2±0,1 a A	63,5 b A	65,6 a b A
Uran	12,8±0,1 b A	9,3±0,1 b B	60,6 b A	63,7 b A
Uréia	32,4±0,1 c A	26,0±0,1 c B	60,0 b A	57,0 b A
Aquavín		6,4±1,9 a b	-	74,3 a
CV (%)		9,8		13,2

±: Desvio padrão da média; *: Médias seguidas por letras iguais, em cada variável: minúsculas na vertical e horizontal (fontes e localização respectivamente) e maiúscula na horizontal (localização), não diferem entre si ao nível de significância de 5% pelo teste Tukey.

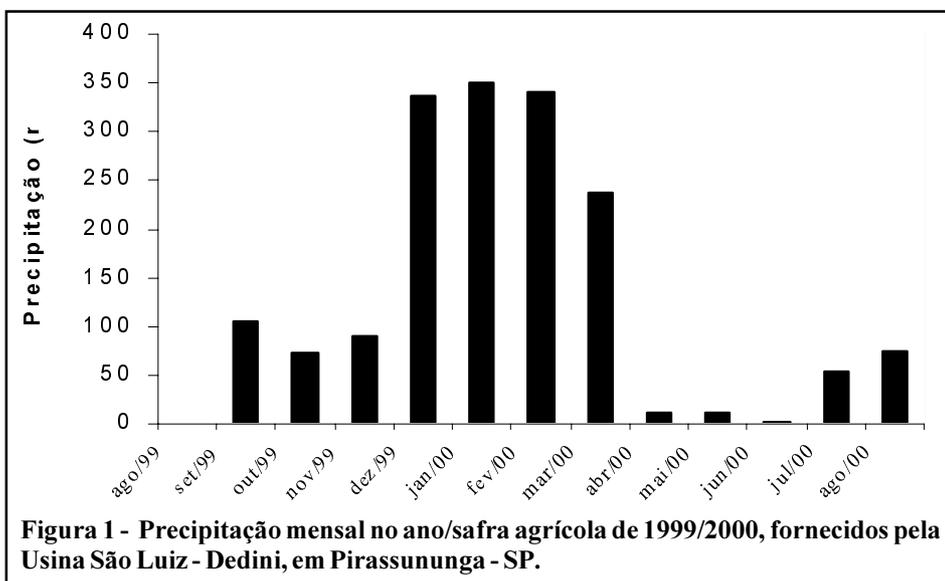


Figura 1 - Precipitação mensal no ano/safra agrícola de 1999/2000, fornecidos pela Usina São Luiz - Dedini, em Pirassununga - SP.

- A baixa volatilização da mistura aquamônia e vinhaça, permitiu recomendar sua aplicação sobre a palha de cana-de-açúcar, na adubação de soqueiras.
- As perdas de N por volatilização causaram redução na produtividade da cana-de-açúcar.
- As formas de aplicação, em faixa ou em área total, não influenciaram a produtividade de cana (t ha⁻¹).

AGRADECIMENTOS

À FAPESP pela bolsa de estudo concedida. Ao Centro de Tecnologia Canavieira (CTC) e ao Técnico José Anderson Forti pela valiosa colaboração, desde a implantação até a colheita do experimento, e à Usina São Luiz - DEDINI, na pessoa do Gerente de Produção Técnica, Engenheiro Agrônomo Luiz Fernando F. de Siqueira, pelas facilidades oferecidas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FRENEY, J.R.; DENMED, O.T.; WOOD, A.W.; SAFFIGNA, P.G. Ammonia loss following urea addition to sugar trash blankets. In: AUSTRALIAN SOCIETY

OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 16., Journsville, 1994. Proceedings. Journsville: Watson Ferguson, 1994. p.114-121.

GAVA, G.J.C.; TRIVELIN, P.C.O.; OLIVEIRA, M.W.; VITTI, A.C.; PENATTI, C.P. Perdas de amônia proveniente da mistura de vinhaça e uréia aplicada ao solo com e sem cobertura de palha de cana-de-açúcar. STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos, v.19, n.3, p.40-42, 2001.

JOHNSON, D. Agronomic considerations: A look at some agronomic considerations. Fluidizing urea. Part II. Solutions, v.31, p.47-51, 1987.

KIEHL, J.C. Distribuição e retenção da amônia no solo após aplicação de uréia. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.13, n.1, p.75-80, 1989.

KONG, W.P.; WOOD, A.W.; PRAMMANEE, P.; SAFFIGNA, P.G.; SMITH, J.W.B. FRENEY, J.R. Ammonia loss urea/potassium chloride mixtures applied to sugarcane trash. In: AUSTRALIAN SOCIETY OF SUGARCANE TECHNOLOGISTS, 13., Bundaberg,

1991. Proceedings. Bundaberg: Watson Ferguson, 1991. p.59-65.

LARACABEZAS, W.A.R.; KORNDORFER, G.H.; MOTTA, S.A. Volatilização de N-NH₃ na cultura do milho: I. Efeito da irrigação e substituição parcial da uréia por sulfato de amônio. Revista Brasileira de ciência do Solo, v.21, p.481-487, 1997.

LARACABEZAS, W.A.R.; TRIVELIN, P.C.O.; KORNDORFER, G.H.; PEREIRA, S. Balanço da adubação nitrogenada sólida e fluída de cobertura na cultura de milho, em sistema de plantio direto no Triângulo Mineiro (MG). Revista Brasileira de ciência do Solo, v.24, p.363-376, 2000.

LARA CABEZAS, W.A.R.; TRIVELIN, P.C.O.; BENDASSOLLI, J.A.; SANTANA, D.G.; GASCHO, G.J. Calibration of a semi-open static collector for determination of ammonia volatilization from nitrogen fertilizers. Communications in Soil Science and Plant Analysis, v.30, n.3/4, p.389-406, 1999.

SANTOS, A.R.; VALLE, F.R.; SANTOS, J.A.G. Avaliação de parâmetros cinéticos da hidrólise da uréia em solos do Sul de Minas Gerais. Revista Brasileira de Ciências do Solo, v.15, p.309-313, 1991.

SINGH, R.; NYE, P.H. The effect of soil pH and high urea concentrations on urease activity in soil. Journal of Soil Science, v.35, p.519-527, 1984.

TRIVELIN, P.C.O.; BENDASSOLLI, J.A.; OLIVEIRA, M.W.; MURAOKA, T. Potencialidade da mistura de aquamônia com vinhaça na fertilização de canaviais colhidos sem despalha a fogo. Parte II: Perdas por volatilização de amônia e recuperação do ¹⁵N aplicado ao solo. STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos, v.16, n.3, p.23-29, 1998.

VITTI, A.C. Adubação nitrogenada da cana-de-açúcar (soqueira) colhida mecanicamente sem a queima prévia: manejo e efeito na produtividade. Piracicaba, abril de 2003, 114p. Tese (Doutorado) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo.

VITTI, A.C.; TRIVELIN, P.C.O.; GAVA, G.J.C.; PENATTI, C.P.; OLIVEIRA, M.W. Volatilização de amônia da adubação nitrogenada aplicada sobre o solo coberto com palhada de cana-de-açúcar: efeito na produtividade de cana-soca. In: CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE DOS TECNICOS AÇUCAREIROS E ALCOOLEIROS DO BRASIL, 8., Recife, 2002. Anais. Olinda: STAB, 2002. p.239-244.

WOOD, A.W. Management of crop residues following green harvesting of sugarcane in north Queensland. Soil & Tillage Research, v.20, p.69-85, 1991.