



Produção de matéria seca e teores de nitrogênio em milho para silagem adubado com uréia misturada a zeólita

Alberto Carlos de Campos Bernardi¹
Paulo Renato Perdigão Paiva²
Marisa Bezerra de Mello Monte²

Introdução

A perda de nitrogênio (N) por volatilização de amônia (NH_3) para a atmosfera é um dos principais fatores responsáveis pela baixa eficiência da uréia aplicada na superfície do solo. Essa perda pode atingir valores extremos, próximos a 80% do N aplicado. A presença de resíduos culturais sobre a superfície do solo influencia a quantidade de N que se perde por volatilização, especialmente quando a uréia é aplicada superficialmente no sistema de plantio direto (Lara Cabezas et al., 1997).

A redução das perdas por volatilização pode ser alcançada mediante incorporação da uréia, adição de ácidos e de sais de K, de Ca e

de Mg, alteração na granulometria ou transformação para haver liberação lenta. Para controlar a retenção e a liberação de amônio (NH_4^+), as perdas de N podem também ser reduzidas por meio da utilização de zeólitas como aditivo aos fertilizantes.

Zeólitas são minerais aluminossilicatos cristalinos hidratados de metais alcalinos ou alcalino-terrosos, estruturados em redes cristalinas tridimensionais rígidas, formadas por tetraedros de AlO_4 e SiO_4 , cujos anéis, ao se unirem, compõem um sistema de canais, de cavidades e de poros (Ming & Mumpton, 1989). Estes minerais de ocorrência natural apresentam três propriedades principais, que são a alta capacidade de troca de cátions, a alta capacidade de retenção de água livre nos

¹ Pesquisador da Embrapa Pecuária Sudeste, Rod. Washington Luiz, km 234, Caixa Postal 339, 13560-970, São Carlos, SP.
Endereço eletrônico: <alberto@cnpse.embrapa.br>

² Laboratório de Química de Superfície - Centro de Tecnologias Minerais - CETEM, Rio de Janeiro, RJ.

canais e a alta habilidade de adsorção. Estas propriedades lhes conferem grande interesse para uso na agricultura.

Existem relatos que mostram o aumento da eficiência da utilização do N, especialmente na forma de uréia, quando misturado com este mineral. Crespo (1989), em experimento em vasos, observou que 180 g de zeólita (70% de clinoptilolita) aumentaram em torno de 130% a eficiência do uso e da extração de N e a produção de matéria seca de *Brachiaria decumbens*. Na cultura do pepino, a adição de 25% de zeólita à formulação de N, P e K na proporção 6,3:9:12 (aplicada na dose de 745 kg.ha⁻¹) resultou nos maiores frutos (Carrion et al., 1994).

O efeito da zeólita está relacionado ao tipo de solo; assim, doses maiores foram necessárias para se obter melhoria na produtividade de cana-de-açúcar à medida que a fertilidade do solo e o teor de argila aumentaram (Bouzo et al., 1994). Esses autores também mostraram que foi possível triplicar a produtividade da cana-de-açúcar com o uso de 6 t.ha⁻¹ de zeólita na linha de plantio em um Latossolo.

Existem resultados positivos descritos com a utilização de zeólitas recobrando os grânulos de uréia. Carrion et al. (1994) relataram os resultados obtidos em experimentos com utilização associada de zeólita (31,5% de clinoptilolita e 56% de mordenita) e uréia. A aplicação de 150 kg.ha⁻¹ de N, na forma de uréia recoberta com 5% a 10% de zeólita (granulometria de 1 mm) aumentou a produtividade das culturas de arroz e de tomate, além de melhorar a qualidade do fruto do tomateiro, comparada à aplicação apenas de uréia.

O princípio da ação da zeólita na conservação do amônio envolve a diminuição da concentração do N na solução por meio da troca catiônica. Além de reter grandes quantidades do íon amônio, esse mineral ainda interfere no processo de nitrificação (Bartz & Jones, 1983; Ferguson & Pepper, 1987). Assim, é esperado que a mistura de zeólitas com uréia aumente a eficiência do uso dessa fonte nitrogenada.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da mistura de zeólita à uréia na adubação em cobertura do milho para silagem sobre a produção de matéria seca e os teores de nitrogênio na folha.

Condução do trabalho

A zeólita utilizada foi coletada no norte do Estado do Tocantins, na bacia do Parnaíba, e apresentava 470 g.kg⁻¹ de zeólita estilbita. O material foi moído e parte dele foi concentrado, mediante separação da zeólita dos contaminantes (quartzo e óxidos e hidróxidos de ferro) pelo método de concentração gravítica; utilizou-se a espiral de Humphrey, resultando em material com 650 g.kg⁻¹ de zeólita estilbita. Obtiveram-se portanto dois tipos de zeólita: natural (470 g.kg⁻¹ de estilbita) e concentrada (650 g.kg⁻¹ de estilbita), ambas com granulometria < 1 mm (16 mesh). A fórmula química determinada da zeólita foi a seguinte: (CaO)_{0,82} (Na₂O)_{0,19} (K₂O)_{0,15} (MgO)_{0,56} (Fe₂O₃)_{0,30} (TiO₂)_{0,11} (Al₂O₃)_{1,85} (SiO₂)₁₆ (H₂O)_{4,7}.

O experimento foi realizado na Embrapa Pecuária Sudeste, em São Carlos, SP (22°01' S e 47°54' W; altitude de 856 m acima do nível do mar). O clima da região é tropical de altitude, com 1502 mm de precipitação pluvial

anual e médias de temperatura mínima e de temperatura máxima de 16,3°C (julho) e de 23°C (fevereiro), respectivamente. O solo utilizado foi um Latossolo Vermelho Distrófico típico, de textura média. As características químicas do solo, na camada de 0 a 20 cm, no início do experimento, foram: $\text{pH}_{\text{CaCl}_2} = 5,5$, matéria orgânica = 55 g.dm⁻³, $\text{P}_{\text{resina}} = 19$ mg.dm⁻³, $\text{K} = 7,0$ mmol_c.dm⁻³, $\text{Ca} = 54$ mmol_c.dm⁻³, $\text{Mg} = 21$ mmol_c.dm⁻³, capacidade de troca catiônica = 116 mmol_c.dm⁻³ e saturação por bases = 70%; e as características físicas: areia = 636 g.kg⁻¹, argila = 324 g.kg⁻¹ e silte = 40 g.kg⁻¹.

O milho (*Zea mays* L.), da variedade C577 (híbrido simples, de ciclo precoce), foi semeado em dezembro de 2005, em sistema de plantio direto, sobre palhada da vegetação espontânea germinada durante a entressafra. Utilizou-se a população de cinco plantas por metro linear e o espaçamento entre linhas de 0,8 m. As parcelas de 16 m² foram constituídas de quatro linhas de 5 m espaçadas de 0,8 m, com área útil de 6,4 m².

A irrigação por aspersão foi realizada através de sistema autopropulsor de movimentação circular do tipo pivô central e o manejo da água (frequência e lâmina de irrigação) foi estabelecida com base no balanço entre a demanda climática (evapotranspiração) e as condições edáficas (capacidade de armazenamento de água disponível) do local, de acordo com Rassini (2002). Na instalação do experimento, foram aplicados 350 kg.ha⁻¹ da fórmula comercial 8-28-16 de NPK + 0,4% de Zn.

O delineamento experimental adotado foi em blocos ao acaso, em esquema fatorial

2 x 4 x 4, com três repetições. Os tratamentos foram constituídos por dois tipos de zeólita (natural e concentrada), quatro níveis de nitrogênio (0, 50, 100 e 200 kg.ha⁻¹) e quatro proporções de zeólita (0%, 25%, 50% e 100% - m/m - da dose de N). A fonte de nitrogênio utilizada foi a uréia (45% de N).

Os tratamentos foram aplicados na adubação em cobertura aos 60 dias após o plantio. Além da uréia em mistura com a zeólita, o potássio foi aplicado nas quantidades totais de 100 kg.ha⁻¹ de K₂O na forma de KCl (60% de K₂O).

A amostragem de folhas para análise foliar foi realizada quando as plantas apresentavam 50% de pendoamento, mediante coleta do terço médio da folha abaixo da espiga superior, com exclusão da nervura central. Analisou-se o teor total de N no extrato da digestão sulfúrica mediante determinação pelo método semimicro de Kjeldhal (Nogueira & Souza, 2005).

A produtividade de milho para silagem foi avaliada em março de 2006, com base na produção de biomassa fresca, amostrada em 4 m de comprimento das duas fileiras centrais, quando o milho atingiu o ponto de colheita correspondente à fase de grão farináceo (matéria seca entre 28% e 35%).

Amostras do material colhido foram levadas à estufa com circulação forçada de ar a 70°C, até peso constante, para determinação da matéria seca. Foram ajustadas equações de regressão para a produção de matéria seca e para os teores de N em função das doses de N e das proporções de zeólita.

Apresentação e discussão dos resultados

A Figura 1 representa a produção de matéria seca do milho colhido para silagem em função das doses de N, e das proporções e dos tipos de zeólita. Os resultados de produtividade máxima de matéria seca obtidos (entre 13 e 16,5 t.ha⁻¹) estão de acordo com os que são comumente observados em trabalhos de avaliação com milho híbrido no Brasil.

Os melhores resultados (14,6 e 16,5 t.ha⁻¹) foram obtidos com as doses de 164 e de 200 kg.ha⁻¹ de N em mistura com 25% de zeólita natural e zeólita concentrada, respectivamente. Estes valores foram 12% e 27% maiores do que a melhor produção obtida na testemunha (13 t.ha⁻¹), sem adição de zeólita. Nas demais proporções de zeólita testadas (50% e 100% m/m), os aumentos foram menos intensos, estando na ordem de 5% a 7% e de 10% a 12% com a zeólita natural e a zeólita concentrada, respectivamente.

A zeólita proporcionou a utilização de doses mais elevadas de N na forma de uréia. Esse efeito, observado especialmente com a zeólita concentrada (Figura 1B), não resultou em ponto de inflexão nas curvas ajustadas, mesmo na dose máxima de N (200 kg.ha⁻¹).

Já as doses para obtenção de produtividade máxima com a zeólita natural (Figura 1A) foram menores (121 a 164 kg.ha⁻¹). Estes resultados indicam a provável retenção do íon amônio, em consequência da hidrólise da uréia no solo. Os resultados obtidos estão em concordância com os obtidos por Crespo (1989), Bouzo et al. (1994) e Carrion et al. (1994), que também observaram efeitos benéficos da utilização deste mineral com a uréia.

Na Figura 2, são apresentados os teores de N nas folhas do milho colhido para silagem em função das doses de N, e das proporções e dos tipos de zeólita. Observa-se que os teores foliares desse macronutriente foram modificados com a presença da zeólita em mistura à uréia. Os teores máximos foram de 32 e de 34,6 g.kg⁻¹, com a proporção de 25% de zeólita natural e de zeólita concentrada, respectivamente. Estes valores são 7% e 16% maiores do que o teor máximo (29,9 g.kg⁻¹) da testemunha. A adição de zeólita, nas relações de 50% e de 100% (m/m), também proporcionou aumento no teor de N foliar, embora menor, entre 1% e 3% e entre 8% e 10% com a zeólita natural e a zeólita concentrada, respectivamente.

O princípio da diagnose foliar baseia-se em comparar a concentração de nutrientes nas folhas com valores padrões. A faixa de teores considerados adequados para o N na folha do milho está entre 27 e 35 g.kg⁻¹. Assim, os valores máximos (entre 29,9 e 34,6 g.kg⁻¹) obtidos com este macronutriente foram considerados adequados.

No entanto, a viabilidade da utilização deste mineral na agricultura muito dependerá do seu custo para o produtor. Ainda não existe uma rotina de exploração de zeólitas naturais no Brasil. Dessa forma, para uma estimativa de custos, deve-se recorrer a dados como os de Eyde & Holmes (2006). Esses autores relataram que, nos Estados Unidos, os preços de zeólita para utilização industrial ou agrícola variaram de 30 a 70 dólares por tonelada para produtos de granulometria mais grosseira (abaixo de 40 mesh) e de 50 a 120 dólares por tonelada para os produtos mais finamente moídos (40 a 325 mesh).

Conclusão

O uso da mistura de 25% de zeólita com a uréia aumentou a produção de matéria seca do milho e proporcionou a melhor utilização do N nas doses mais elevadas de fertilizante, indicado pelos maiores teores foliares do nutriente.

Referências bibliográficas

- BARTZ, J. K.; JONES, R. L. Availability of nitrogen to sudangrass from ammonium-saturated clinoptilolite. **Soil Science Society of America Journal**, v. 47, p. 259-262, 1983.
- BOUZO, L.; LOPEZ, M.; VILLEGAS, R.; GARCIA, E.; ACOSTA, J. A. Use of natural zeolites to increase yields in sugarcane crop minimizing environmental pollution. In: WORLD CONGRESS OF SOIL SCIENCE, 15., July 1994, Acapulco, Mexico. **Transactions...** Acapulco: International Society of Soil Science, 1994. Vol. 5a, p. 695-701.
- CARRION, M.; GONZALEZ, R.; GIL, R.; RODRIGUEZ, C.; MARTINEZ-VIERA, R.; CRUZ, A.; COLOMBO, R.; PENA, E.; TORRES, S. Influence of fertilizers with zeolite on crop yields. In: INSTITUTO DE INVESTIGACIONES FUNDAMENTALES EN AGRICULTURA TROPICAL ALEJANDRO DE HUMBOLT. 90 ANOS DE LA ESTACION EXPERIMENTAL AGRONOMICA DE SANTIAGO DE LAS VEGAS. Santiago de las Vegas: Estacion Experimental Agronomica, 1994. p. 201-211.
- CRESPON, G. Effect of zeolite on the efficiency of the N applied to *Brachiaria decumbens* in a red ferrallitic soil. **Cuban Journal of Agricultural Science**, v. 23, p. 207-212, 1989.
- EYDE, T. H.; HOLMES, D. A. Zeolites. In: KOGEL, J. E.; TRIVEDI, N. C.; BARKER, J. M.; KRUKOWSKI, S. T. (Eds.) **Industrial minerals and rocks**. 7thed. Littleton: Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, 2006. p.1039-1064.
- FERGUSON G.; PEPPER, I. Ammonium retention in soils amended with clinoptilolite. **Soil Science Society of America Journal**, v. 51, p. 231-234, 1987.
- LARA CABEZAS, W. A. R.; KORNDÖRFER, G. H.; MOTTA, S. A. Volatilização de N-NH₃ na cultura de milho. II. Avaliação de fontes sólidas e fluidas em sistema de plantio direto e convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 21, p. 489-496, 1997.
- MING, D. W.; MUMPTON, F. A. Zeolites in soils. In: DIXON, J. B.; WEED, S. B. (Eds.) **Minerals in soil environments**. 2nd ed. Madison: Soil Science Society of America, 1989. p. 873-911.
- NOGUEIRA, A. R. A.; SOUZA, G. B. **Manual de laboratórios: Solo, água, nutrição vegetal, nutrição animal e alimentos**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2005. 313 p.
- RASSINI, J. B. **Irrigação de pastagens: Frequência e quantidade de aplicação de água em Latossolos de textura média**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2002. 7p. (Embrapa Pecuária Sudeste. Circular Técnica, 31).

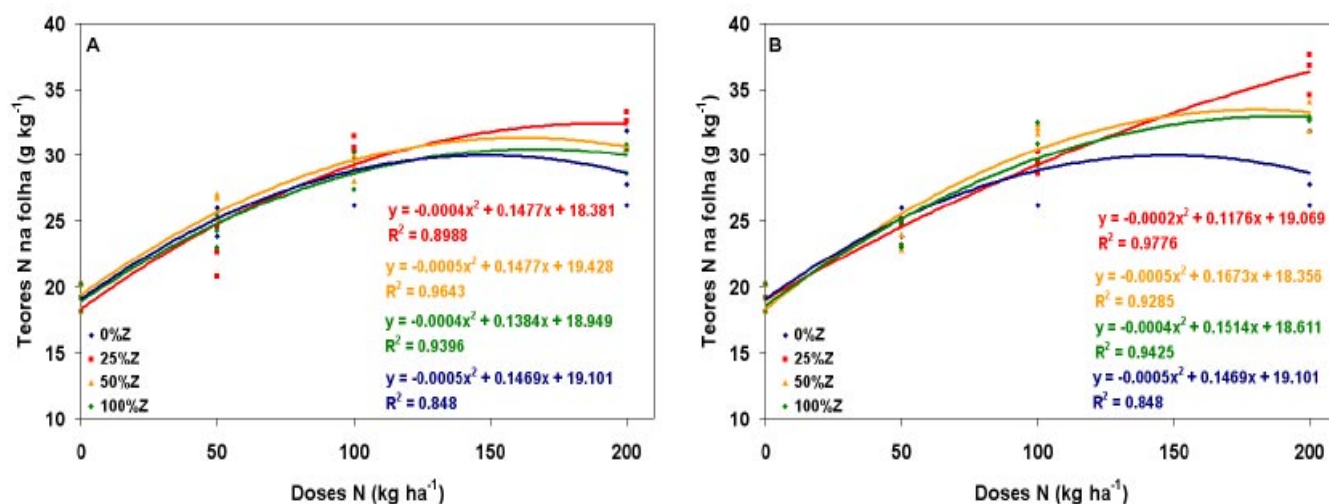


Figura 1. Produção de matéria seca de milho colhido para silagem em função de doses de nitrogênio, na forma de uréia, e de proporções de zeólita natural – A (470 g.kg⁻¹ de estilbita) e concentrada – B (650 g.kg⁻¹ de estilbita). São Carlos, SP, 2006.

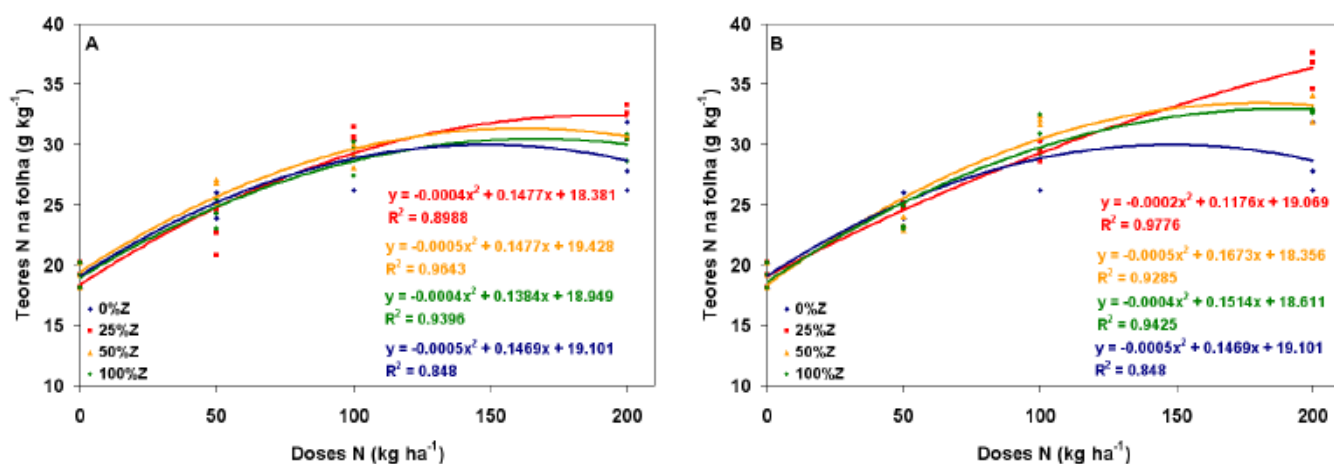


Figura 2. Teores de nitrogênio na folha de milho colhido para silagem em função de doses de nitrogênio, na forma de uréia, e de proporções de zeólita natural – A (470 g.kg⁻¹ de estilbita) e concentrada – B (650 g.kg⁻¹ de estilbita). São Carlos, SP, 2006.

Comunicado Técnico, 77

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:
Embrapa Pecuária Sudeste
 Endereço: Rod. Washington Luiz, km 234
 Fone: (16) 3361-5611
 Fax: (16) 3361-5754
 Endereço eletrônico: sac@cppse.embrapa.br

1ª edição on line (2007)

Ministério da Agricultura,
 Pecuária e Abastecimento



Comitê de publicações

Presidente: Alberto C. de Campos Bernardi.
Secretário-Executivo: Edison Beno Pott
Membros: Carlos Eduardo Silva Santos, Odo Primavesi,
 Maria Cristina Campanelli Brito, Sônia Borges de Alencar.

Expediente

Revisão de texto: Edison Beno Pott
Editoração eletrônica: Maria Cristina Campanelli Brito.