



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

Alberto Carlos de Campos Bernardi<sup>1</sup>  
Paulo Renato Perdigão Paiva<sup>2</sup>  
Marisa Bezerra de Mello Monte<sup>2</sup>

### Introdução

A perda de nitrogênio (N) por volatilização de amônia ( $\text{NH}_3$ ) 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 ( $\text{NH}_4^+$ ), 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  $\text{AlO}_4$  e  $\text{SiO}_4$ , 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

<sup>1</sup> Pesquisador da Embrapa Pecuária Sudeste, Rod. Washington Luiz, km 234, Caixa Postal 339, 13560-970, São Carlos, SP.  
Endereço eletrônico: <[alberto@cppse.embrapa.br](mailto:alberto@cppse.embrapa.br)>

<sup>2</sup> 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<sup>-1</sup>) resultou nos maiores frutos (Carrión 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<sup>-1</sup> de zeólita na linha de plantio em um Latossolo.

Existem resultados positivos descritos com a utilização de zeólitas recobrindo os grânulos de uréia. Carrión 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<sup>-1</sup> 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<sup>-1</sup> 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<sup>-1</sup> de zeólita estilbita. Obtiveram-se portanto dois tipos de zeólita: natural (470 g.kg<sup>-1</sup> de estilbita) e concentrada (650 g.kg<sup>-1</sup> de estilbita), ambas com granulometria < 1 mm (16 mesh). A fórmula química determinada da zeólita foi a seguinte:  $(\text{CaO})_{0,82} (\text{Na}_2\text{O})_{0,19} (\text{K}_2\text{O})_{0,15} (\text{MgO})_{0,56} (\text{Fe}_2\text{O}_3)_{0,30} (\text{TiO}_2)_{0,11} (\text{Al}_2\text{O}_3)_{1,85} (\text{SiO}_2)_{16} (\text{H}_2\text{O})_{4,7}$ .

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: pH<sub>CaCl<sub>2</sub></sub> = 5,5, matéria orgânica = 55 g.dm<sup>-3</sup>, P<sub>resina</sub> = 19 mg.dm<sup>-3</sup>, K = 7,0 mmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>, Ca = 54 mmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>, Mg = 21 mmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>, capacidade de troca catiônica = 116 mmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup> e saturação por bases = 70%; e as características físicas: areia = 636 g.kg<sup>-1</sup>, argila = 324 g.kg<sup>-1</sup> e silte = 40 g.kg<sup>-1</sup>.

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 expontânea 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 m<sup>2</sup> foram constituídas de quatro linhas de 5 m espaçadas de 0,8 m, com área útil de 6,4 m<sup>2</sup>.

A irrigação por aspersão foi realizada através de sistema autopropulsor de movimentação circular do tipo pivô central e o manejo da água (freqüência 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<sup>-1</sup> 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<sup>-1</sup>) 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<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O na forma de KCl (60% de K<sub>2</sub>O).

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<sup>-1</sup>) 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<sup>-1</sup>) foram obtidos com as doses de 164 e de 200 kg.ha<sup>-1</sup> 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<sup>-1</sup>), 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<sup>-1</sup>).

Já as doses para obtenção de produtividade máxima com a zeólita natural (Figura 1A) foram menores (121 a 164 kg.ha<sup>-1</sup>). Estes resultados indicam a provável retenção do fôn 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<sup>-1</sup>, 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<sup>-1</sup>) 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<sup>-1</sup>. Assim, os valores máximos (entre 29,9 e 34,6 g.kg<sup>-1</sup>) obtidos com este macronutriente foram considerados adequados.

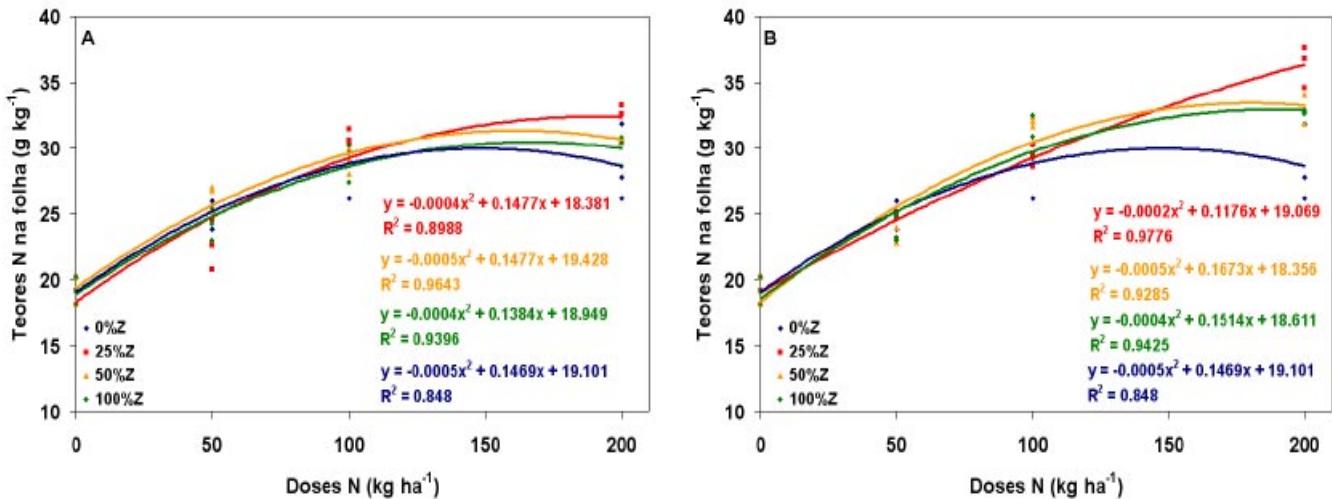
No entanto, a viabilidade da utilização deste mineral na agricultura muito dependerá do seu custo para o produtor. Ainda não existe uma rotina de exploração de zeólitas naturais no Brasil. Dessa forma, para uma estimativa de custos, deve-se recorrer a dados como os de Eyde & Holmes (2006). Esses autores 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

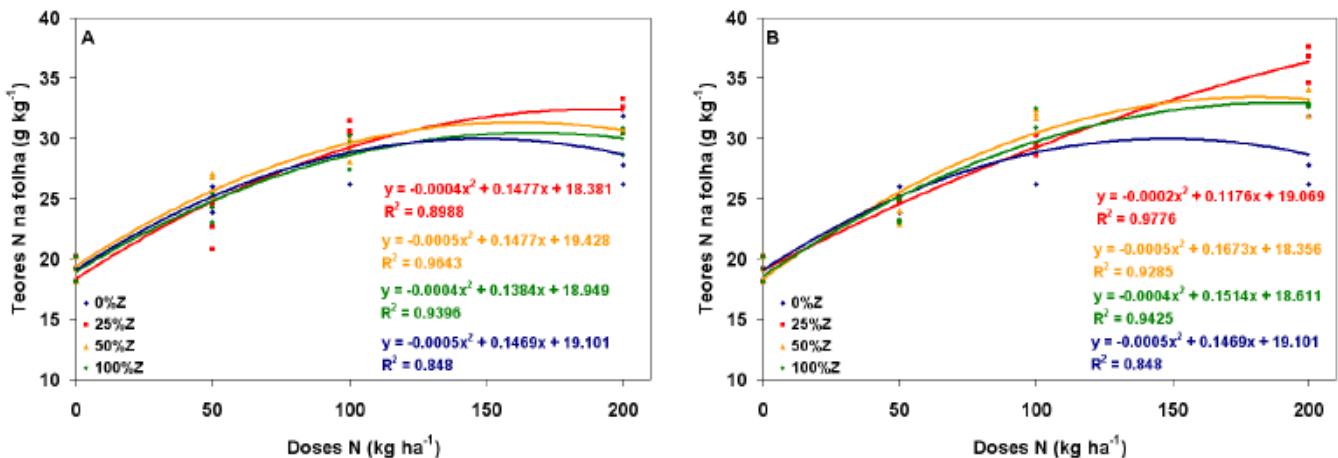
O uso da mistura de 25% de zeólita com a uréia aumentou a produção de matéria seca do milho e proporcionou a melhor utilização do N nas doses mais elevadas de fertilizante, indicado pelos maiores teores foliares do nutriente.

## 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 HUMBOLDT. 90 ANOS DE LA ESTACION EXPERIMENTAL AGRONOMICA DE SANTIAGO DE LAS VEGAS. Santiago de las Vegas: Estacion Experimental Agronomica, 1994. p. 201-211.
- CRESPO, 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**. 7<sup>th</sup>ed. 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-NH<sub>3</sub> 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**. 2<sup>nd</sup> 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**: Freqüência 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<sup>-1</sup> de estilbita) e concentrada – B (650 g.kg<sup>-1</sup> 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<sup>-1</sup> de estilbita) e concentrada – B (650 g.kg<sup>-1</sup> 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](mailto:sac@cppse.embrapa.br)

1ª edição on line (2007)



**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.