



## PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA, EXTRAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE NITROGÊNIO EM AVEIA ADUBADA COM URÉIA EM MISTURA COM ZEÓLITA

DRY MATTER PRODUCTION AND NITROGEN EXTRACTION AND UTILIZATION BY OAT FERTILIZED WITH UREA MIXTURED WITH ZEOLITE

BERNARDI, A.C.C.<sup>1</sup>; MONTE, M.B.M.<sup>2</sup>; PAIVA, P.R.P.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Embrapa Pecuária Sudeste, Caixa Postal 339, 13560-970 São Carlos, SP

<sup>2</sup> CETEM - Centro de Tecnologias Mineraias, Rio de Janeiro, RJ

e-mail: [alberto@cnpq.br](mailto:alberto@cnpq.br)

### Resumo

A perda de nitrogênio (N) por volatilização de amônia é um dos principais fatores responsáveis pela baixa eficiência da uréia aplicada sobre a superfície do solo. A redução das perdas por volatilização pode ser obtida com o uso de zeólitas como aditivo à uréia. Zeólitas são minerais alumino-silicatos cristalinos hidratados de metais alcalinos ou alcalinos-terrosos, estruturados em redes cristalinas tridimensionais rígidas, formadas por tetraedros de  $\text{AlO}_4$  e  $\text{SiO}_4$  e de ocorrência natural. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da mistura de zeólita à uréia na adubação nitrogenada da aveia sobre a produção de matéria seca, extração e utilização de nitrogênio. O delineamento experimental adotado foi em blocos ao acaso em esquema fatorial  $2 \times 2 \times 2 \times 4$ , com 3 repetições. Os tratamentos foram 2 tipos de zeólita estilbita (natural =  $470 \text{ g kg}^{-1}$  e concentrada =  $650 \text{ g kg}^{-1}$ ), 2 granulometrias (<1mm e <0,3mm), 2 níveis de nitrogênio (100 e  $200 \text{ mg kg}^{-1}$ ); e 4 relações de zeólita (testemunha, 25, 50 e 100% m/m da dose de N). Os tratamentos foram aplicados na adubação da aveia conduzida em vasos e em casa-de-vegetação. Os melhores resultados de produção de matéria seca foram obtidos a dose de  $200 \text{ mg kg}^{-1}$  de N em mistura com 59,8% de zeólita concentrada ( $650 \text{ g kg}^{-1}$  de estilbita). A melhor eficiência de uso foi alcançada com o uso das doses mais baixas de nitrogênio da uréia.

### Abstract

The nitrogen loss by ammonia volatilization is one of the main factors for low efficiency of urea applied on the soil surface. The reduction of losses by volatilization can be obtained with the addition of zeolites to the urea fertilizer. Zeolite are hydrated crystalline aluminosilicate minerals of alkaline and alkaline earth metals, structured in rigid third dimension net, organized by  $\text{AlO}_4$  and  $\text{SiO}_4$  tetrahedral and of natural occurrence. The objective of this study was to evaluate the effect of mixture of zeolite and urea for oat fertilization on dry matter yield, nitrogen extraction and utilization. The experimental design was adopted was  $2 \times 2 \times 2 \times 4$  factorial randomized blocks with 3 replications. Treatments comprised 2 types of stilbite zeolite (natural =  $470 \text{ g kg}^{-1}$  and concentrated =  $650 \text{ g kg}^{-1}$ ), 2 texture (<1mm e <0,3mm), 2 nitrogen levels (100 and  $200 \text{ mg kg}^{-1}$ ) and 4 of relations zeolite (control, 25, 50 and 100% of N level). Treatments were applied at fertilization of oat grown in pots and green-house. The best results of dry matter production were obtained with  $200 \text{ mg kg}^{-1}$  of N in combination with 59.8% of concentrated zeolite ( $650 \text{ g kg}^{-1}$  of stilbite). The best efficiency of N use was achieved with the lower levels of urea.

### 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 sobre a superfície do solo. A quantidade de N perdido por volatilização, após a aplicação de uréia sobre a superfície do solo, pode atingir valores extremos próximos a 80 % do N aplicado. A redução das perdas por volatilização da uréia pode ser alcançada através da incorporação da uréia, adição de ácidos e sais de K, Ca e Mg, alteração na granulometria, ou tornando-a de liberação lenta. As perdas de N podem também ser reduzidas utilizando as zeólitas como aditivo aos fertilizantes para controlar a retenção e liberação de  $\text{NH}_4^+$ . As zeólitas são minerais alumino-silicatos cristalinos hidratados de metais alcalinos ou alcalinos-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, cavidades e poros (Ming & Mumpton, 1989). Estes minerais de ocorrência natural apresentam 3 propriedades principais, que são a alta capacidade de troca de cátions, a alta capacidade de retenção de água livre nos canais, e a alta habilidade na adsorção, que lhes conferem grande interesse para uso na agricultura. Existem relatos na literatura mostrando o aumento da eficiência da utilização do nitrogênio, especialmente na forma de uréia, quando utilizado em conjunto com este mineral. Crespo (1989) mostrou, em um experimento de vaso, que com o uso de 180g de zeólita (70% clinoptilolita) houve um aumento em torno de 130% da eficiência do uso e da extração de nitrogênio e da produção de matéria seca de *Brachiaria decumbens*. Bouzo et al. (1989) triplicaram a produtividade da cana-de-açúcar com o uso de 6 t ha<sup>-1</sup> de zeólita na linha de plantio em um Oxisol. Carrion et al. (1994) observaram que a aplicação de 150 kg ha<sup>-1</sup> de N, na forma de uréia recoberta com 5 a 10% de zeólita aumentou a produtividade das culturas de arroz e tomate. O princípio da ação da zeólita na conservação do amônio, é a diminuição da concentração do elemento na solução através da troca de cátions. (Bartz & Jones, 1983; Ferguson & Pepper, 1987). O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da mistura de zeólita à uréia na adubação nitrogenada da aveia sobre a produção de matéria seca, extração e utilização de nitrogênio.

### Material e Métodos

O experimento foi conduzido em casa-de-vegetação na Embrapa Pecuária Sudeste, em São Carlos, SP (22°01'S e 47°54'W; 856 m acima do nível do mar). A aveia (*Avena sativa* L.) var. São Carlos foi semeada em vasos com 3 kg de terra. Utilizou-se um Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico, textura média. As características químicas do solo, na camada de 0 a 20 cm, no início do experimento, foram: pH<sub>CaCl2</sub> = 5,4; M.O. = 27 g dm<sup>-3</sup>; P<sub>resina</sub> = 20 mg dm<sup>-3</sup>; K = 2,0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Ca = 26 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg = 12 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; CTC = 68 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; V = 59%; B = 0,19 mg dm<sup>-3</sup>; Cu = 1,9 mg dm<sup>-3</sup>; Fe = 30 mg dm<sup>-3</sup>; Mn = 3,1 mg dm<sup>-3</sup>; Zn = 2,7 mg dm<sup>-3</sup>; e as características físicas: areia = 690 g kg<sup>-1</sup>; argila = 251 g kg<sup>-1</sup>; e silte = 59 g kg<sup>-1</sup>. 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, através da separação da zeólita dos contaminantes (quartzo e óxidos e hidróxidos de Fe) pelo método de concentração gravítica utilizando a espiral Humphrey, resultando em um material com 650 g kg<sup>-1</sup> de zeólita estilbita. Obtiveram-se 2 tipos de zeólita: natural e concentrada, nas granulometrias < 1mm (16 mesh) e < 0,3mm (48 mesh). O delineamento experimental adotado foi em blocos ao acaso em esquema fatorial 2 X 2 X 2 X 4, com 3 repetições. Os tratamentos foram 2 tipos de zeólita estilbita (natural e concentrada), 2 granulometrias (< 1 mm e < 0,3 mm), 2 níveis de nitrogênio (100 e 200 mg kg<sup>-1</sup>); e 4 relações de zeólita (testemunha, 25, 50 e 100% m/m da dose de N). Os tratamentos foram aplicados na adubação da aveia. A fonte de nitrogênio utilizada foi a uréia (45% N). Houve 4 tratamentos adicionais com a aplicação das 2 doses de N em superfície e enterrada a 5 cm de profundidade. Todos tratamentos receberam a adição calcário dolomítico para elevar V a 70%, 200 mg kg<sup>-1</sup> de P (superfosfato simples 18% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>); 150 mg kg<sup>-1</sup> de K (cloreto de potássio 60% K<sub>2</sub>O); 0,5 g kg<sup>-1</sup> de B (ácido bórico 17% B); 1,5 mg kg<sup>-1</sup> de Cu (sulfato de cobre pentahidratado 25% Cu); 5,0 mg kg<sup>-1</sup> de Fe (ferro EDTA 5000 mg L<sup>-1</sup>); 3,0 mg kg<sup>-1</sup> de Mn (cloreto de manganês tetra hidratado 28% Mn); 0,1 mg kg<sup>-1</sup> de Mo (ácido molibídico 48% Mo); e 5,0 mg kg<sup>-1</sup> de Zn (sulfato de zinco heptahidratado 22% Zn). Todos os nutrientes, exceto N e K, foram aplicados por ocasião da semeadura. A quantidade total de N e K foi parcelada em duas aplicações: semeadura, e 30 DAE. A umidade perdida por evapotranspiração foi repostada às unidades experimentais adicionando-se, quando necessário, água para refazer a umidade em 70% da capacidade de retenção de água do solo (230 mL kg<sup>-1</sup>). Foram realizados cinco cortes das plantas, efetuados a 10 cm da superfície do solo, quando 10% das plantas iniciaram o alongamento do colmo (os intervalos foram aproximadamente de 35 dias). Ao final do experimento foram coletadas a base do colmo e as raízes. A matéria fresca da parte aérea, base do colmo e raízes foi pesada e seca em estufa com circulação forçada de ar a 65°C até peso constante, para determinar o teor de água e calcular a produção de matéria seca. A matéria seca da parte aérea (MSPA) é a produção dos 5 cortes, e a total (MST) é a soma de MSPA + base do colmo + raízes. Analisou-se o teor total de N no extrato da digestão sulfúrica mediante determinação pelo método semimicro de Kjeldhal. Foram calculadas a extração de N e eficiência do uso pela relação:  $100(N_{\text{tratamento}} - N_{\text{testemunha}}) / N_{\text{aplicado}}^{-1}$ . Foram ajustadas equações de regressão para a produção de matéria seca e extração de N em

função em função das doses de N, tipo granulometria e % de zeólita aplicada em mistura com a uréia. Realizou-se o teste de médias (Duncan a 5%) para diferenciação dos índices de eficiência de uso.

### Resultados e Discussão

A Figura 1 representa a produção de matéria seca total (A e B) e da parte aérea (C e D) e extração de N (E e F) em função das doses de N, tipo, granulometria e % de zeólita aplicada em mistura com a uréia. Os melhores resultados de MST, MSPA e extração de N (34,0 g; 19,2 g; e 487,4 mg; respectivamente) foram obtidos com as doses de 200 mg kg<sup>-1</sup> de N em mistura com 59,8% de zeólita concentrada. Os benefícios da adição do mineral ao fertilizante podem ser confirmados com a comparação com o tratamento padrão (uréia enterrada a 5 cm), uma vez que estes valores de MST e MSPA são equivalentes aos obtidos com os obtidos com o tratamento de 200 mg kg<sup>-1</sup> e melhores que os obtidos com 100 mg kg<sup>-1</sup> (Figura 1 A e C). Os melhores valores de MSPA, MST e extração de N com o uso da zeólita natural foram obtidos nas doses de 200 mg kg<sup>-1</sup> de N em mistura com 67,2% de zeólita natural na granulometria < 0,3 mm. Estes valores são respectivamente, 11,2; 12,7 e 6,1% menores que os obtidos com a zeólita concentrada, porém são melhores que os obtidos com a aplicação de uréia nas piores condições, ou seja em superfície (Figura 1 B e D).

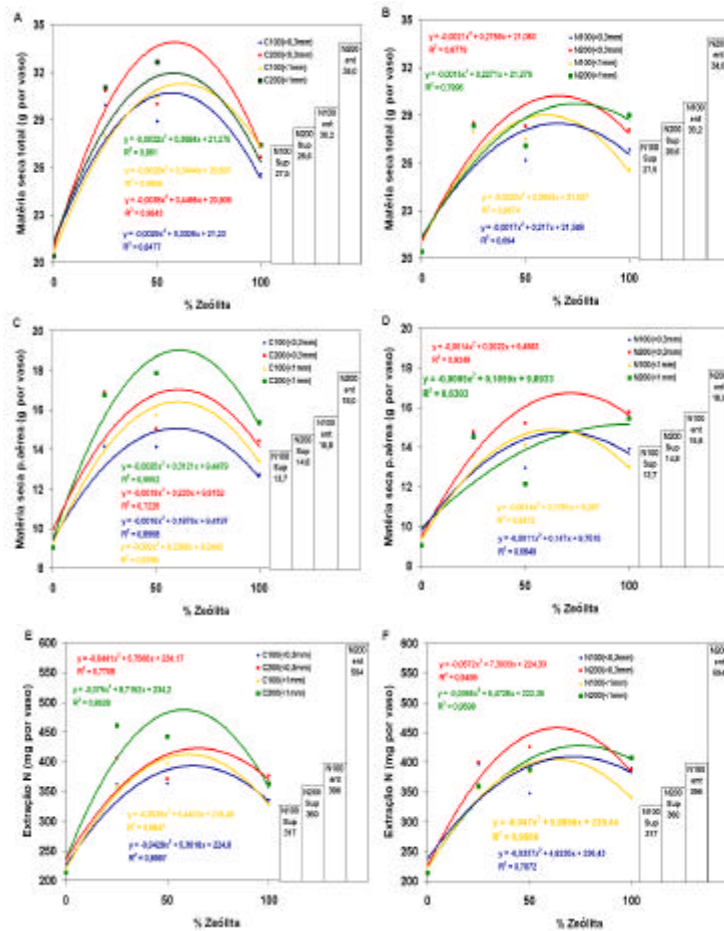


Figura 1. Produção de matéria seca total (A e B) e da parte aérea (C e D) e extração de N (E e F) em função das doses de N, tipo, granulometria e % de zeólita aplicada em mistura com a uréia.

Na Tabela 1 são apresentados os resultados de eficiência do uso do uso do nitrogênio pela aveia em função das doses de N, tipo, granulometria e % de zeólita aplicada em mistura com a uréia. Os resultados indicaram que as maiores eficiências foram obtidas com a utilização da menor dose de N (100 mg kg<sup>-1</sup>) e estes resultados forma estatisticamente equivalentes aos resultados obtidos com o tratamento padrão (uréia enterrada a 5 cm). Nas maiores relações de

zeólita (100%) houve perda da eficiência do uso provavelmente devido a maior retenção do nutriente no mineral e não liberação para uso pelas plantas. Nas doses mais altas de N (200 mg kg<sup>-1</sup>) não houve diferença significativa com o tratamento de pior resultado, ou seja aplicação da uréia em superfície. Somente foram observadas diferenças significativas para as granulometrias utilizadas no tratamento com 100 mg kg<sup>-1</sup> de N na relação de 100% de zeólita, com melhores resultados para aquelas zeólitas < 0,3 mm.

Tabela 1. Eficiência do uso de N pela aveia em função das doses de N, tipo, granulometria e % de zeólita aplicada em mistura com a uréia.

Dose N (mg kg <sup>-1</sup> )	Zeólita (%)	Zeólita natural		Zeólita concentrada	
		<0,3mm	<1mm	<0,3mm	<1mm
100	25	46,81 abc	48,65 abc	54,72 a	50,46 ab
100	50	46,94 abc	58,33 ab	55,23 a	62,52 a
100	100	52,25 Aab	41,66 B bcd	53,28 A a	44,15 B abc
200	25	31,70 cd	28,67 cd	32,59 b	41,28 abc
200	50	31,41 cd	29,20 cd	32,11 b	35,86 bc
200	100	26,20 d	25,85 d	27,94 b	32,94 bc
100	Enterrada	62,35 a	62,35 a	62,35 a	62,35 a
100	Superficial	34,13 bcd	34,13 cd	34,13 b	34,13 bc
200	Enterrada	62,61 a	62,61 a	62,61 a	62,61 a
200	Superficial	25,45 d	25,45 d	25,45 b	25,45 c

Médias seguidas por letras minúsculas iguais não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5%, na vertical e por letras maiúsculas na horizontal.

### Conclusões

Os melhores resultados de produção de matéria seca foram obtidos a dose de 200 mg kg<sup>-1</sup> de N em mistura com 59,8% de zeólita concentrada (650 g kg<sup>-1</sup> de estilbita). A melhor eficiência de uso foi alcançada com o uso das doses mais baixas de nitrogênio da uréia.

### Referências

- 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.
- 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.
- FERGUSON G.; PEPPER, I. Ammonium retention in soils amended with clinoptilolite. **Soil Science Society of America Journal**, v. 51, p. 231-234, 1987.
- 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.