



XXXIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo

Solos nos biomas brasileiros: sustentabilidade e mudanças climáticas
31 de julho à 05 de agosto - Center Convention - Uberlândia/Minas Gerais

EFEITO RESIDUAL DE URÉIA ADICIONADA DE ZEOLITA NATURAL

Carlos Guarino Werneck⁽¹⁾; Farley Alexandre da Fonseca Breda⁽²⁾; Ioná Rech⁽³⁾; Thiago Antonio Pinheiro Tonieto⁽⁴⁾; Everaldo Zonta⁽⁵⁾; Eduardo Lima⁽⁶⁾ & José Carlos Polidoro⁽⁷⁾

⁽¹⁾ Doutorado em Agronomia-Ciência do solo; Instituto de agronomia, deptº de solos; Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, BR 465, km 7, CEP 23890-000, Seropédica, RJ. E-mail: cgwerneck@yahoo.com.br; ⁽²⁾ Engenheiro Agrônomo - Produquímica ind. Com. Ltda. Av. Paulista 1754- 3 andar, São Paulo, SP-Brasil – CEP 01310-920; ⁽³⁾ Engenheira Agrônoma - Bolsista CNPq DTI-C Universidade Federal do Rio de Janeiro Cidade Universitária - Rio de Janeiro, RJ - CEP 21941-901; ⁽⁴⁾ Graduando em Agronomia; Instituto de agronomia; Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, BR 465, km 7, CEP 23890-000, Seropédica, RJ; ⁽⁵⁾ Professor; Instituto de agronomia, deptº de solos; Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, BR 465, km 7, CEP 23890-000, Seropédica, RJ; ⁽⁶⁾ Professor; Instituto de agronomia, deptº de solos; Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, BR 465, km 7, CEP 23890-000, Seropédica, RJ; ⁽⁷⁾ Pesquisador; Embrapa Solos, R. Jardim Botânico, 1024, Jardim Botânico, Rio de Janeiro, RJ - Brasil - CEP 22460-000.

Resumo – Tecnologias que reduzem perdas de N-fertilizante devem ser desenvolvidas para aumentar a eficiência de uso desse nutriente. Zeolitas naturais podem reduzir perdas de amônia por volatilização, porém aditivos ligantes e diâmetro do grânulo também podem exercer tal efeito. Implantou-se experimento em casa de vegetação, onde cinco formulações de uréia adicionada de zeolitas e ligante orgânico, em três classes granulométricas, < 2mm, 2 > 4 mm e > 4mm, mais sulfato de amônio e uréia recoberta com inibidor de urease NBPT foram aplicados na superfície de Planossolo Háplico, em dose equivalente a 100 kg N ha⁻¹. Foram avaliadas as perdas por volatilização de amônia durante 13 dias, através de coletor semi-aberto. Posteriormente, cultivou-se sorgo (*Sorghum bicolor*) objetivando avaliar efeito residual dos fertilizantes. A adição de zeolitas naturais recobrindo ou em todo grânulo da uréia diminuiu as perdas por volatilização 20%, em média, aumentando a extração de N pelas plantas, com destaque para NZ2 (recobrimento da uréia e granulometria > 4 mm) que diminuiu as perdas em 64%, equivalente à uréia recoberta com NBPT. A acumulação de N na parte aérea do sorgo foi inversamente proporcional ($r = -0,85^{***}$) as perdas de N por volatilização, indicando maior aproveitamento do N-fertilizante pelas plantas.

Palavras-Chave: manejo da adubação; tecnologia de fertilizantes; eficiência no uso de fertilizantes.

INTRODUÇÃO

A adubação nitrogenada de culturas de grãos e fibras no Brasil é baseada no uso do fertilizante uréia, o qual representou 51% de todo fertilizante nitrogenado comercializado no País em 2010 (ANDA, 2010). A principal vantagem agrícola da uréia, dentre todas as fontes nitrogenadas, é a sua maior concentração de N (44% a 46%) e, geralmente, o menor preço por unidade de N transportado e aplicado. Entretanto, pelas suas características químicas e facilidade de ser hidrolisada pela enzima urease no solo, as perdas de N da uréia (N-uréia), por volatilização do N-NH₃, podem atingir 80% do total aplicado caso as condições de umidade não

estejam adequadas a sua aplicação e haja grandes quantidades de palhada na superfície do solo (Lara Cabezas et al., 1997; Cantarella, 2007).

Tecnologias têm sido desenvolvidas com o objetivo de minimizar as perdas de N-uréia por volatilização, como o uso de inibidores de urease, micronutrientes como o boro e o cobre, enxofre elementar e de polímeros que interferem na solubilização e/ou na hidrólise da uréia no solo (Lara Cabezas et al., 1997; Vitti et al., 2002; Cantarella, 2007).

Pesquisas recentes demonstraram que o uso de minerais aluminossilicatos do grupo das zeolitas junto a uréia nas adubações podem aumentar a eficiência agrônômica do N nas culturas da roseira (Werneck, 2008), da aveia (Bernardi et al., 2010a) bem como em alface, arroz, tomate e andopogon (Bernardi et al., 2010b) através da diminuição das perdas de NH₃ por volatilização.

Zeolitas compõem um grupo com mais de 50 tipos de minerais de ocorrência natural conhecidos. Esse mineral é caracterizado por uma estrutura rígida tridimensional com canais 10⁻⁹ m de diâmetro o que o caracteriza por ter a maior afinidade pelo NH₄⁺, podendo reduzir a volatilização de amônia (Reháková et al., 2004; Monte et al., 2009).

A partir da comprovação científica de que o uso de clinoptilona junto à uréia nas adubações aumenta a eficiência agrônômica do N, torna-se importante o desenvolvimento de produtos dentro de padrões técnicos de fertilizantes onde a zeolita esteja recobrindo ou dentro dos grânulos de uréia, bem como avaliar a eficiência agrônômica dos produtos obtidos. Portanto, esse trabalho tem como objetivo avaliar o efeito da adição de zeolita no grânulo de uréia e da sua granulometria sobre as perdas de NH₃ por volatilização e o efeito residual do N-uréia no solo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação do Departamento de Solos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Seropédica, RJ, no período de 11/12/08 à 29/01/09.

Coletou-se amostra superficial (0–20cm) de um Planossolo Háplico no campus UFRRJ, sendo esta seca, destorroada, peneirada e homogeneizada. Os resultados das análises químicas para os teores de Na, Ca, Mg, H+Al, AL,

soma das bases (S) e capacidade de troca de cátions (T), em cmolc/dm^3 e P e K disponíveis, em mg/L foram respectivamente: 0,016; 1,2; 0,3; 2,5; 0,5; 1,59; 4,09; 3 e 30. Os valores, em porcentagem, para saturação por bases (V), saturação por alumínio (m) e saturação por sódio (n) foram respectivamente: 39; 23,89. O teor de carbono orgânico da amostra foi de 10,2 g/kg. O valor do pH na proporção 1:2,5 foi 5,5, sendo o solo então submetido à calagem a fim de elevar o pH à 6,5, segundo incubação proposta por Stafanato (2009). Posteriormente, o mesmo foi alocado até a superfície de bandejas plásticas com 0,1 m² de área e 10 cm de profundidade, as quais constituíram as unidades experimentais.

Os tratamentos constituíram-se de cinco formulações de uréia adicionada de zeolita natural e os fertilizantes comerciais, uréia (45,6% de N), sulfato de amônio (21% de N) e um produto comercial com uréia + NBPT (46% de N), além de testemunha sem aplicação de N, resultando em nove tratamentos, com três repetições, totalizando 27 unidades experimentais. Foi adotado um delineamento experimental inteiramente casualizado.

Os produtos granulados de uréia foram produzidos pela Embrapa Solos nas estruturas do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento da empresa Magnesita Refratários S/A. Para a granulação utilizou-se um pelletizador de prato inclinado, da marca Engendrar (<http://www.engendrar.com.br/site/index.asp>). As misturas de uréia + zeolitas (Tabela 1) foram aplicadas sobre um prato granulador com 400 mm de diâmetro. Utilizou-se a massa de 500 gramas de mistura para cada uma das formulações e a retirada do material foi feita após se observar que mais de 70% da massa aplicada se apresentava com a granulometria desejada para cada produto (Tabela 1). Os grânulos NZ1, NZ2 e NZ3 foram produzidos com o revestimento de uréia perolada comercial com zeolitas adicionadas ou não de ligante orgânico em pó. Os produtos NZ4 e NZ5 foram produzidos a partir da mistura de uréia em pó com zeolitas, adicionada de ligante orgânico em pó. A uréia em pó foi resultante da moagem de uréia comercial, em um micronizador de partículas, à vácuo, que levou a uréia a uma granulometria > 300 mesh.

Os produtos granulados foram passados em peneiras para obtenção das frações granulométricas < 2mm, 2 > 4 mm e > 4 mm. Após essa etapa os produtos foram secos em estufa com ventilação forçada elevada gradualmente, de 10 em 10°C, até 80°C, onde permaneceram até atingirem peso constante. Após secagem, as amostras foram novamente peneiradas em peneiras adequadas para as granulometrias citadas e o diâmetro médio dos grânulos de cada fração foi determinado. Houve a tentativa de se produzir um produto granulado na fração > que 4 mm a partir da mistura uréia em pó + zeolita natural, entretanto, o processo de granulação não obteve êxito e o produto não apresentou dureza satisfatória. A concentração de N uréia nos produtos granulados foi determinada segundo Método Oficial de Análises de Fertilizantes do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento e se encontram listados na Tabela 1.

A zeolita natural usada para produção dos granulados provém de Cuba, apresentando a seguinte composição mineralógica: clinoptilolita (85%), quartzo (10%) e feldspatos (5%) (Celta Brasil Ltda).

As fontes nitrogenadas foram homogeneamente aplicadas sobre a superfície do solo, em doses equivalentes a 100 kg N ha⁻¹. Adicionou-se água equivalente a 18mm de precipitação pluviométrica e, imediatamente após, as câmaras para a captação da amônia volatilizada foram colocadas sobre o solo de cada unidade experimental, conforme recomendação de Araújo et al., (2009). Utilizaram-se duas câmaras por bandeja, as quais foram movimentadas diariamente de forma a percorrer toda a área da bandeja. Tal procedimento objetivou reduzir as variações comumente observadas em ensaios de determinação de N-NH₃ volatilizado do solo. As amostras de N-NH₃ volatilizado foram coletadas em intervalos de 24 horas, durante 13 dias consecutivos após a adubação. Neste período a umidade do solo foi mantida a 70% da capacidade de campo. A análise da amônia volatilizada foi realizada segundo Araújo et al., (2009).

Com o objetivo de determinar o N-fertilizante residual no solo após o período de avaliação das perdas de N-NH₃ por volatilização, semeou-se e cultivaram-se trinta plantas de sorgo por bandeja. A umidade do solo foi mantida também a 70% da capacidade de campo e as plantas permaneceram por 35 dias em cultivo, até que as plantas apresentaram sintomas visuais de deficiência de N (clorose). As mesmas foram colhidas, lavadas e secas em estufa de circulação forçada a 65°C por aproximadamente 72 horas. Em seguida determinou-se a massa seca total das plantas, e as mesmas foram moídas em moinho modelo “Willey” com peneira 20 “mesh”.

Os teores totais de N no extrato vegetal foram quantificados segundo Silva et al., (1999), determinando-se a extração total de N-residual pelas plantas de sorgo. Com os resultados de N-NH₃ volatilizado e extração total de N pelas plantas de sorgo avaliaram-se os efeitos dos fertilizantes sobre as perdas por N-NH₃ volatilizado e a disponibilidade de N no sistema solo-planta. Desconsideraram-se as perdas de N-NO₃⁻ por lixiviação já que as unidades experimentais foram constituídas por bandejas sem furos, o que impede a saída de solução do solo através do fundo das bandejas.

Os dados foram analisados através dos recursos do sistema de análise estatística SAEG 9.1 e testados quanto à normalidade dos erros e homogeneidade de variância por Lilliefors e Cochran-Bartlett, respectivamente. Em seguida foi realizada a análise de variância paramétrica univariada, e os efeitos isolados dos tratamentos, quando significativos ao nível de significância do teste F, foram estudados comparando-se os valores médios pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Análises de correlação linear de Pearson foram aplicadas as variáveis dependentes a fim de se estudar o grau de relacionamento entre elas. Quando a comparação foi feita entre dois grupos de tratamentos, aplicou-se o teste t-Sudent.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De um modo geral, quanto menor as perdas de N por volatilização, em função da aplicação dos fertilizantes comerciais e/ou produtos desenvolvidos no projeto,

maiores foram as produções de biomassa seca bem como a acumulação de N nas plantas de sorgo ($r = -0,75^{**}$, e $-0,85^{***}$, teste t-Student, respectivamente).

Esse coeficiente de correlação elevado demonstra que, na medida em que uma tecnologia ou aditivo (zeolitas, NBPT ou ligante orgânico, neste estudo) causa diminuição nas perdas de $N-NH_3$, quando comparados com as ocorridas nos tratamentos onde se aplicou a uréia comercial, maior será a quantidade de N acumulado pelas plantas. A exceção foi o produto denominado NZ2 (uréia perolada + zeolita + aditivo orgânico, diâmetro $> 4mm$) em que, apesar de as plantas apresentarem acúmulo de biomassa seca maior que a observada na maioria dos outros produtos adicionados de zeolitas, essas apresentaram menor acúmulo de N em relação aos demais produtos, os quais equivalentes ao acumulado com uréia comercial. Esse resultado pode implicar no efeito do aditivo orgânico associada à granulometria maior que 4 mm sobre a solubilidade da uréia e também sobre a liberação de $N-NH_3$ na solução do solo.

Werneck (2008) observou que o uso de zeolitas em pó recobrindo uréia perolada aumentou a produtividade de ramos comerciais e também a eficiência agrônômica do N quando comparado com o uso da uréia comercial. Resultados semelhantes foram observados por Bernardi et al., (2010a) para a cultura da aveia, utilizando o mesmo tipo de zeolita recobrindo a uréia.

CONCLUSÕES

1. A adição de zeolitas naturais à uréia fertilizante comercial, seja pela técnica de recobrimento ou em todo o grânulo, diminui as perdas de $N-NH_3$ por volatilização e aumenta a quantidade de N residual em solo arenoso;

AGRADECIMENTOS

À Embrapa Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Curso de Pós-graduação em Agronomia (CPGA-CS), PETROBRAS, Magnesita SA, Celta Brasil e ao CNPq.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, E. da S.; MARSOLA, T.; MIYAZAWA, M.; SOARES, L.H.B.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R.M.; ALVES, B.J.R. Calibração de câmara semiaberta estática para quantificação de amônia volatilizada do solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.44, p. 769-776, 2009.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS – ANDA. Anuário estatístico do setor de fertilizantes 2009-2010. São Paulo: ANDA, 2010.

BERNARDI, A.C.C.; PAIVA, P.R.P.; MONTE, M.B.M. Produção de matéria seca, extração e utilização de nitrogênio em aveia adubada com uréia misturada com zeolita. *Revista Agricultura*, v.8, p.1-10, 2010a.

BERNARDI, A.C.C.; MONTE, M.B.M.; PAIVA, P.R.P.; WERNECK, C.G.; HAIM, P.G.; BARROS, F.S. Dry matter production and nutrient accumulation after successive crops of lettuce, tomato, Rice, and andropogongrass in a substrate with zeolite. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 34, p.435-442, 2010b.

CANTARELLA, H. Efficient use of N in new fertilizer products. In: NITROGEN CONFERENCE, 4., 2004, Costa do Sauípe. Anais. Costa do Sauípe, 2007. p.44.

EMBRAPA/Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de Métodos de Análise de Solo. Rio de Janeiro. 1997.

LARA CABEZAS, W.A.R.; KORNDORFER, G.H.; MOTTA, S.A. Volatilização de $N-NH_3$ 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.

MONTE, M.B.M.; MIDDEA, A.; PAIVA, P.R.P.; BERNARDI A.C.C.; REZENDE, N.G.A.; BAPTISTA-FILHO, M. Nutrient release by a Brazilian sedimentary zeolite. *An. Acad. Bras. Ciênc.* 2009 81(4): 641-653.

REHÁKOVÁ, M.; CUVANOVÁ, S.; DZIVÁO, M.; RIMÁR, J.; GAVALOVÁ, Z. Agricultural and agrochemical uses of natural zeolite of the clinoptilolite type. *Current Opinion in Solid State and Materials Science*, 8 (2004), 397-404.

SILVA, F.C. Análises químicas para avaliação da fertilidade do solo. IN: SILVA, F.C. (org.). Manual de análise química de solos, plantas e fertilizantes, Brasília, p.75-166, 1999.

STAFANATO, J.B. Aplicação de misturas granuladas NK e NS em cultivar de arroz (*Oryza sativa*). 2009, 67p. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Ciência do Solo). Instituto de Agronomia, Departamentos de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica-RJ.

VITTI, G.C.; TAVARES Jr, J.R.; LUZ, P.H.C.; FAVARIN, J.L.; COSTA, C.G. Influência da mistura de sulfato de amônio com uréia sobre a volatilização de nitrogênio amoniacal. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.26, p. 663-671, 2002.

WERNECK, C.G. Perdas por volatilização e eficiência agrônômica da mistura de uréia com zeolita natural aplicada na cultura da roseira (*Rosa spp.*). 2008. 90p. Dissertação (Mestrado em agronomia, Ciência do Solo). Instituto de Agronomia, Departamentos de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2008.

Tabela 1. Composição, características tecnológicas, teor médio de N, classe granulométrica considerada e diâmetro médio estimado dos produtos NZ obtidos a partir de uréia comercial e zeolita natural.

Produtos	Composição (relação % dos componentes)	Tecnologia de produção	Teor médio de N (dag. kg ⁻¹)	Classe granulométrica considerada (mm)	Diâmetro médio estimado (mm)
NZ1	Uréia perolada + zeolita (90:10)	Revestimento	40,5	> 4	4,9
NZ2	Uréia perolada + zeolita + ligante orgânico (88:10:2)	Revestimento	39,5	> 4	4,9
NZ3	Uréia perolada + zeolita + ligante orgânico (88:10:2)	Revestimento	39,5	2 > 4	2,8
NZ4	Uréia em pó + zeolita + ligante orgânico (88:10:2)	Granulação	39,5	< 2	1,1
NZ5	Uréia em pó + zeolita + ligante orgânico (88:10:2)	Granulação	39,5	2 > 4	2,8

Tabela 2. Perda total de N-NH₃ por volatilização (PNV), produção de massa seca total (MStotal) e acúmulo de N (N-extraído) na planta de sorgo “Sorghum bicolor” coletado após 35 dias de cultivo em amostra de Planossolo Háplico (0 – 20cm) textura arenosa, em casa de vegetação da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), no período de dezembro 2008 a janeiro 2009.

Tratamentos	PNV (dag. kg ⁻¹)		MStotal (g bandeja ⁻¹)		N-extraído (mg bandeja ⁻¹)	
NZ1	23,6	bc	23,1	ab	319,2	bc
NZ2	14,3	ab	26,3	ab	294,6	c
NZ3	32,0	c	22,8	b	310,3	bc
NZ4	28,9	c	24,0	ab	321,0	bc
NZ5	29,6	c	22,6	b	316,3	bc
URÉIA	38,9	d	21,7	b	313,3	bc
URÉIA+NBPT	18,2	b	25,8	a	388,7	b
SA	5,8	a	21,2	b	503,5	a
TESTEMUNHA	4,8	a	13,8	c	187,4	d
CV%	15,28		5,63		8,74	

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si - Teste de Tukey (p<0,05)