

Eficiência da ureia granulada com carvão vegetal oxidado

Reinaldo Bertola Cantarutti⁽¹⁾; Gelton Geraldo Fernandes Guimarães⁽²⁾; Diogo Mendes de Paiva⁽²⁾; Breno Cardoso Teixeiras⁽³⁾; Heraldo Namorato de Souza⁽⁴⁾ & Francisco Assis Freitas⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Professor Associado, Departamento de Solos, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG (cantarutti@ufv.br); ⁽²⁾ Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas - Universidade Federal de Viçosa; ⁽³⁾ Graduando em Agronomia - Universidade Federal de Viçosa & ⁽⁴⁾ Pesquisadores da PETROBRAS/CENPES/PDEDS/GN.

RESUMO: A ureia é o fertilizante nitrogenado mais utilizado, mas sua eficiência é comprometida pela volatilização da NH_3 quando aplicada em adubações de cobertura sem a incorporação no solo. Há evidências que o revestimento de ureia com carvão vegetal oxidado reduz a volatilização de NH_3 . O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência da ureia granulada com carvão vegetal oxidado na adubação do milho. O carvão oxidado sem (CVox) e com tratamento alcalino (CVox-OH) foram sintetizados a partir de carvão de eucalipto oxidado com HNO_3 . CVox ou CVox-OH (< 0,074 mm) foram homogeneizados com ureia fundida, que foi granulada (< 200 μm) obtendo-se UCvox ou UCvox_OH, ambas com 38 % de N. A UCvox, UCvox_OH, ureia perolada (U) e nitrato de amônio (NA) (60, 120, 180 e 240 mg dm^{-3} de N) foram aplicadas em cobertura em plantas de milho com quatro folhas, cultivadas em vaso com 3 dm^3 de solo. Avaliou-se produção de matéria seca, o teor de N e N acumulado na parte aérea de milho. Estimou-se a recuperação aparente do N proveniente dos fertilizantes. Concluiu-se que o carvão vegetal oxidado granulado com a ureia proporcionou um incremento de até 28 % no conteúdo de N e uma recuperação aparente de N de até 14 %, em relação à ureia perolada. O carvão vegetal oxidado granulado com a ureia proporcionou um incremento de até 28 % no conteúdo de N e uma recuperação aparente de N de até 14 %, em relação à ureia perolada. As fontes UCvox e UCvox_OH apresentam a mesma eficiência em relação a recuperação aparente do N.

Termos de indexação: Fertilizantes, nitrogênio, urease.

INTRODUÇÃO

Ureia é o fertilizante nitrogenado mais utilizado na agricultura. Sua preferência se deve, principalmente, a elevada concentração de N (460 g Kg^{-1} N) e seu reduzido preço comparado com outras principais fontes, como os nitratos e o sulfato de amônio (Soares et al., 2012). Porém, este fertilizante apresenta baixa eficiência quando aplicado superficialmente ao solo, em razão da substancial perda de N por volatilização de NH_3 ,

estimada em até 60 % do N aplicado (Yusuff et al., 2009).

A adição de produtos acidificantes ácidos húmicos (AH) e ácidos fúlvicos (AF) vem sendo estudados com objetivo de aumentar a eficiência agrônômica da ureia. Estes aumentam o poder tampão da acidez, no micro sítio em torno do fertilizante no solo, além do AH e AF aumentarem a capacidade de adsorção do NH_4^+ , reduzindo assim a perda de N por volatilização de NH_3 ou lixiviação do NH_4^+ (Rosliza et al., 2009 & Yusuff et al., 2009). O biochar também apresenta eficiência na estabilização e adsorção do NH_4^+ , por apresentar elevada CTC e elevado poder tampão de acidez do solo (Chan et al., 2008).

Segundo Haumaier & Zech (1995) carvão oxidado em laboratório, a partir de resíduos de plantas, mostraram semelhanças aos ácidos húmicos de solos em relação as suas propriedades espectroscópicas e composição química. Desta forma, Paiva et al. (2012) obtiveram substâncias com CTC de 4.400 $\text{mmol}_c \text{kg}^{-1}$, que foi denominada carvão vegetal oxidado (CVox-OH). Estes autores verificaram em um ensaio com solo em sistema com fluxo contínuo de ar, que a ureia perolada revestida com CVox-OH (0,25 kg kg^{-1}) reduziu a quantidade total NH_3 volatilizada em até 42 % Guimarães (2011), dando continuidade aos estudos, constatou que a ureia granulada com (0,15 kg kg^{-1}) de CVox-OH ou CVox proporcionou significativa redução na volatilização de NH_3 mantendo-se a ureia com 39 % de N.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência da ureia granulada com carvão vegetal oxidado na adubação do milho.

MATERIAL E MÉTODOS

Os CVox e CVox-OH foram sintetizados com a oxidação do carvão de eucalipto com HNO_3 4,4 mol L^{-1} em ebulição sob refluxo por 4h. O CVox correspondeu ao resíduo sólido da oxidação e foi obtido por filtragem. Para obter CVox-OH o CVox foi solubilizado em solução de NaOH 0,5 mol L^{-1} e a fração sobrenadante foi acidificada com H_2SO_4 até pH 2,0. O precipitado obtido foi novamente solubilizado na solução de NaOH e o sobrenadante foi acidificado, precipitando o CVox-OH. Ambos

sofreram diálise, foram secados em estufa (40 °C) e moídos (<0,074 mm).

Para a granulação utilizou-se a ureia perolada 45 % N acrescida de 15 % de CVox ou CVox_OH com granulometria inferior a 200 µm. Foi utilizado um granulador de bancada ureia em forma pastilhas, obtendo-se a UCvox e UCvox_OH, ambas com 38 % N,

Para avaliar a eficiência do UCvox e UCvox_OH foi realizado experimento em casa de vegetação cultivando-se milho adubado com doses crescentes dos dois fertilizantes descritos acima, além do nitrato de amônio 32 % N (N.A.) e da ureia perolada 45 % N (U). Para isso, foram aplicadas doses de 60, 120, 180 e 240 mg dm⁻³ de N, mais dois tratamentos adicionais na dose 240 mg dm⁻³ de N, um com aplicação superficial de água logo após a aplicação da ureia perolada em cobertura (U_água) e outro com incorporação da ureia revestida com polímero e enxofre 38 % N (US) nos 5 cm superficiais do solo no momento do semeio do milho, constituindo um fatorial [(4 x 4) + 1] + 2. O [+ 1] referem-se à dose de 0,0 mg dm⁻³, que foi repetida uma vez por bloco. As unidades experimentais foram constituídas por vasos com 3 dm³ de solo, com três plantas de milho cada. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com três repetições.

Utilizou-se um Latossolo Vermelho Amarelo, com pH-H₂O 4,68 (1:10), 2,3 mg dm⁻³ de P e 21 mg dm⁻³ de K, ambos em Mehlich-1, 0,17 e 0,05 cmol_c dm⁻³ de Ca²⁺ e Mg²⁺ (KCl 1 mol L⁻¹), respectivamente, 6,4 cmol_c dm⁻³ de H+Al (acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹ pH 7,0), 21,5 g kg⁻¹ de matéria orgânica (Walkley-Black), 9 mg L⁻¹ de P remanescente e V de 4 %.

Antes da semeadura, foram incorporado ao solo 300 mg dm⁻³ de P na forma de superfosfato simples em todas unidades experimentais e incorporação de 240 mg dm⁻³ de N da ureia revestida com polímero e enxofre (US) nos 5 cm superficiais do solo das unidades experimentais referentes ao tratamento adicional. Em seguida, foram semeadas cinco sementes de milho por vaso com o objetivo de se obter um estande final de três plantas. O solo foi umedecido a 80 % da capacidade de campo e no ato da semeadura foi aplicada a primeira metade da adubação básica de 75 mg dm⁻³ de K, 20 mg dm⁻³ de S, 0,405 mg dm⁻³ de B, 0,665 mg dm⁻³ de Cu, 0,776 mg dm⁻³ de Fe (preparado em EDTA), 1,830 mg dm⁻³ de Mn, 0,075 mg dm⁻³ de Mo, 2 mg dm⁻³ de Zn. O desbaste foi realizado 9 d após a semeadura, ocasião em que foi aplicado 10 mg dm⁻³ de N. A segunda metade da adubação básica foi aplicada aos 24 d nas mesmas proporções e um dia após, quando as plantas se encontravam no estágio V4, foram aplicados superficialmente os fertilizantes dos

tratamentos restantes. Em seguida, no tratamento U_água, foram borrifados 50 mL de água sobre a ureia perolada no primeiro dia, simulando uma chuva de 1,76 mm o que foi suficiente para dissolver totalmente a ureia e nos dias seguintes o suprimento de água as plantas continuaram sendo aplicado superficialmente.

Após 60 d de cultivo as plantas foram cortadas a 1 cm do solo e armazenadas em sacos de papel e secadas em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C até peso constante para determinação da massa da matéria seca vegetal. Logo após, o material vegetal seco foi moído, separadamente, em moinho tipo Wiley (< 1mm) e submetidos à análise para determinação do teor de N total pela digestão sulfúrica e destilação Kjeldahl (Bremner & Mulvaney, 1982). Também foi calculado o conteúdo de N por vaso e estimou-se a recuperação aparente de N da parte aérea (RAN) pela fórmula:

$$RAN = \left(\frac{NABt - NAB0}{NF} \right), \text{ em que:}$$

NABt = N absorvido em determinado tratamento

com adubação nitrogenada de cobertura,

NAB0 = N absorvido no tratamento sem adubação nitrogenada de cobertura,

NF = Dose de N aplicado na adubação de cobertura.

Os dados foram submetidos à análise de variância. O conteúdo foi relacionado com as doses para ajuste de regressões desdobrando o efeito das doses dentro de cada fonte e a RAN dos tratamentos foram confrontados por meio de contrastes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A concentração de biureto variou de 1,11 a 1,32 % e esta variação esta relacionada com o tempo de obtenção dos grãos, quanto maior este tempo maior foi a formação do biureto. Para o experimento em casa de vegetação determinou-se a média ponderada da concentração de biureto das amostras das UCvox e UCvox_OH, obtendo uma amostra composta com concentração média ponderada de biureto de 1,29 e 1,17 %, respectivamente.

Para a dose 240 mg dm⁻³ o conteúdo de N da parte aérea das plantas de milho variaram de 565,3 a 355,7 mg vaso⁻¹ para N.A. e U, respectivamente, o que reflete em um conteúdo de 59 % maior para o N.A. em relação a U (quadro 1). Já o conteúdo das fontes UCvox e UCvox_OH foram 28 e 26 % maior em relação a fonte U. A aplicação superficial de água no momento da aplicação do fertilizante, retratado pela fonte U_água, aumentou o conteúdo de N em 14 % em relação a fonte U, já a fonte US

que foi incorporada ao solo no momento do semeio do milho apresentou o mesmo valor de conteúdo de N que a fonte U (quadro 1). A recuperação aparente do nitrogênio (RAN) pela parte aérea das plantas de milho seguiu a mesma tendência do conteúdo variando de 68 a 39 % para N.A. e U, respectivamente (quadro 1). A RAN das fontes UCVOx e UCVOx_OH foram 14 e 13 % maior em relação a fonte U, respectivamente, enquanto que a fonte U_água apresentou um aumento de apenas 7 % e a fonte US a mesma recuperação que a fonte U (quadro 1).

A superioridade da fonte N.A. em relação às demais fontes é representada pelo C_1 , onde o N.A. apresenta um incremento médio do conteúdo de 807,5 mg vaso⁻¹ N em relação às demais fontes (quadro 2). A fonte ureia perolada com aplicação superficial de água (U_água) não apresenta diferença significativa das demais fontes, como mostra o C_2 (quadro 2). As fontes UCVOx e UCVOx_OH apresentam um incremento médio do conteúdo de 190,7 mg vaso⁻¹ de N em relação as fontes U e US, significativo a 0,1 % de probabilidade como mostra o C_3 (quadro 2). Já as fontes UCVOx e UCVOx_OH não apresentam diferença significativa, mostrando que as fontes apresentam a mesma eficiência em relação ao conteúdo de N, C_4 (quadro 2).

Da mesma forma, as fontes U e US apresentam a mesma eficiência mostrando que a ureia revestida com polímero e enxofre, que apresenta solubilidade controlada, pode ser incorporada ao solo no momento do semeio do milho dispensando a aplicação em cobertura o que pode reduzir gastos no cultivo do milho.

A figura 2 apresenta o comportamento do conteúdo de N da parte aérea de plantas de milho após 60 d de cultivo tratadas com as fontes N.A., U, UCVOx e UCVOx_OH em 4 doses crescentes de N. Todas as fontes apresentam comportamento quadrático com o incremento da dose de N, confirmando o aumento da disponibilidade do N com o aumento da dose (figura 2). Os conteúdos de N das plantas de milho em relação às doses aplicadas das fontes UCVOx e UCVOx_OH apresentaram significância (figura 2), apresentando incremento no conteúdo de N de até 28 e 26 % que ocorreram na dose 240 mg dm⁻³ N em relação a fonte U, respectivamente (quadro 1). Porém, a UCVOx_OH apresenta um comportamento mais consistente em relação a UCVOx, onde apresenta conteúdo de N maior que a fonte U em todas as doses avaliadas (figura 2). A fonte N.A. apresenta maior conteúdo de N, em todas as doses de N estudadas, em relação às demais fontes (figura 2).

CONCLUSÕES

O carvão vegetal oxidado granulado com a ureia proporcionou um incremento de até 28 % no conteúdo de N e uma recuperação aparente de N de até 14 %, em relação à ureia perolada.

As fontes UCVOx e UCVOx_OH apresentam a mesma eficiência em relação a recuperação aparente do N.

A fonte US, incorporada ao solo no momento do semeio, apresenta a mesma eficiência que a fonte U aplicada em cobertura.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela bolsa de Produtividade em Pesquisa dos professores e à CAPES pela bolsa de estudo dos doutorandos.

REFERÊNCIAS

- BREMNER, J.M.; MULVANEY, C.S. Total nitrogen. In: Page, A.L. Ed. Methods of soil analysis. Madison, American Society of Agronomy, 595-624, 1982.
- CHAN, K.Y.; VAN ZWIETEN, L.; MESZAROS, I.; DOWNIE, A. & JOSEPH, S. Using poultry litter biochars as soil amendments. *Austr. J. Soil. Res.* 46:437-444, 2008
- GUIMARÃES, G. G. F. Substâncias húmicas como aditivos para o controle da volatilização de amônia proveniente da ureia. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2011. 38p. (Dissertação de Mestrado).
- HAUMAIER, L.; & ZECH, W. Black carbon possible source of highly aromatic components of soil humic acids. *Org. Geochem.* 23:191-196, 1995
- PAIVA, D.M. ; CANTARUTTI, R. B.; GUIMARÃES, G. G. F. & SILVA, I. R. Urea coated with oxidized charcoal reduces ammonia volatilization. *Rev. Bras. Ci. Solo*, 36:1221-1229, 2012
- ROSLIZA. S. AHMED, O.H. & MAJID, N.M.A. Controlling ammonia volatilization by mixing urea with humic acid, fulvic acid, triple superphosphate and muriate of potash. *Am. J. Environ. Sci.*, 5:605-609. 2009
- SOARES, J.R.; CANTARELLA, H. & MENEGALE, M.L.C. Ammonia volatilization losses from surface-applied urea with urease and nitrification inhibitors. *Soil. Biol. Biochem.*, 52:82-89, 2012
- YUSUFF, M.T.M.; AHMED, O.H. & MAJID, N.M.A. Effect of Mixing Urea with Humic Acid and Acid Sulphate Soil on Ammonia Loss, Exchangeable Ammonium and Available Nitrate. *Am. J. Environ. Sci.*, 5:588-591, 2009.

Quadro 1. Valores médios do conteúdo de N e RAN em mg vaso^{-1} da parte aérea de plantas de milho cultivadas até 60 d submetido a adubação de cobertura de 240 mg dm^{-3} N das fontes nitrato de amônio (N.A.), ureia perolada (U), ureia perolada com aplicação superficial de água (U_água), ureia revestida com polímero e enxofre incorporada ao solo no momento do semeio do milho (US), ureia granulada com carvão vegetal oxidado (UCVox) e ureia granulada com carvão vegetal oxidado tratado com NaOH (UCVox_OH), seguido pelo percentual de aumento do conteúdo e da RAN (Δ Conteúdo e Δ RAN) em relação a ureia perolada (U).

Fonte	Conteúdo N mg/vaso	RAN	Δ Conteúdo %	Δ RAN
N.A.	565,3	68	59	29
U	355,7	39	-	-
UCvox	456,0	53	28	14
UCvox_OH	446,5	52	26	13
U_água	404,6	46	14	7
US	356,0	39	0	0

Quadro 2. Contrastes médios entre os valores médios do conteúdo da parte aérea de plantas de milho cultivadas até 60 d submetido a adubação de cobertura de 240 mg dm^{-3} N das fontes nitrato de amônio (N.A.), ureia perolada (U), ureia perolada com aplicação superficial de água (U_água), ureia revestida com polímero e enxofre incorporada ao solo no momento do semeio do milho (US), ureia granulada com carvão vegetal oxidado (UCVox) e ureia granulada com carvão vegetal oxidado tratado com NaOH (UCVox_OH), seguido pelas respectivas probabilidades e pela significância a 0,1 %.

Fontes	Valor contraste mg/vaso	p-valor	α
Contrastes entre médias			
$C_1 = 5(\text{N.A.}) \text{ VS } - (\text{U_água} + \text{U} + \text{US} + \text{UCVox} + \text{UCVox_OH})$	807,5	0,00003	***
$C_2 = 4(\text{U_água}) \text{ VS } - (\text{U} + \text{US} + \text{UCVox} + \text{UCVox_OH})$	4,1	0,96518	ns
$C_3 = (\text{U} + \text{US}) \text{ VS } - (\text{UCVox} + \text{UCVox_OH})$	-190,7	0,00084	***
$C_4 = (\text{UCVox}) \text{ VS } - (\text{UCVox_OH})$	9,5	0,74724	ns
$C_5 = (\text{U}) \text{ VS } - (\text{US})$	-0,3	0,99255	ns

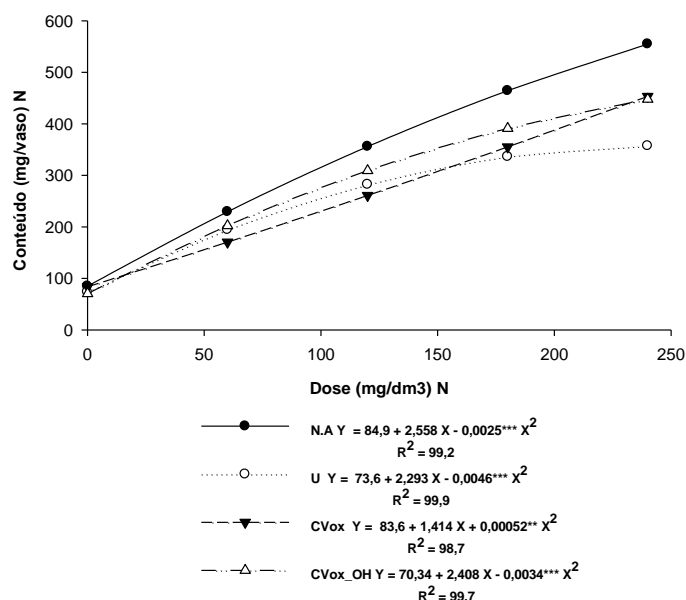


Figura 2. Conteúdo mg vaso^{-1} N da parte aérea de plantas de milho adubadas nas doses 60, 120, 180 e 240 mg dm^{-3} com as fontes nitrato de amônio (N.A.), ureia (U), ureia granulada com carvão vegetal oxidado (UCVox) e ureia granulada com carvão vegetal oxidado tratado com NaOH (UCVox_OH). Equação polinomial de segunda ordem, que descreve o fenômeno das fontes, acompanhadas pelo seu respectivo R-quadrado.