

OBTENÇÃO E AVALIAÇÃO DE NUTRIENTE DE NITROGÊNIO EM PLANTIO DE QUIABEIRO (*Abelmoschus esculentus L Moench*)

ROSIANE DOS SANTOS^{1*}, DENES CARLOS SANTOS DA GRAÇA²; ANA AMÉLIA GAMA DE BARROS², GISÉLIA CARDOSO³

¹Ms. em Biotecnologia de Recursos Naturais, Engenheira Química, UFS, São Cristóvão-SE, rosianebeth@yahoo.com.br

²Ms. em Engenharia Química, UFS, São Cristóvão-SE, dagracadcs@yahoo.com.br

²Ms. em Engenharia Química, UFS, São Cristóvão-SE, anaameliagama@gmail.com

³Dr. em Ciência e Engenharia de Materiais, Professora Associada 4 DEQ, São Cristóvão-SE, giseliauufs@yahoo.com.br

Apresentado no

Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2016
29 de agosto a 1 de setembro de 2016 – Foz do Iguaçu, Brasil

RESUMO: O objetivo deste estudo foi elaborar um produto de liberação controlada de nitrogênio (PLCN) a partir da mistura, por extrusão, de ureia com vermiculita encapsulada em derivado celulósico, e avaliar o seu desempenho em cultivo de quiabeiro (*Abelmoschus esculentus L Moench*). O teor de ureia na vermiculita empregado foi de 30% (m/m) e de carboximetilcelulose (CMC) no hidrogel encapsulante de 1% (m/v). A cinética de liberação controlada do nitrogênio foi avaliada em meio difusor aquoso. A caracterização química do PLCN foi realizada por espectrômetro de raios X (EDX) e mostrou que as concentrações dos elementos químicos presentes atendem à legislação quanto à presença de metais pesados. As morfologias da vermiculita e do PLCN analisadas por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) mostraram que a estrutura lamelar compacta da vermiculita na forma de blocos dispostos em camadas sobrepostas permaneceu no PLCN. A incorporação da ureia na vermiculita foi confirmada por espectroscopia de Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR), por meio das bandas de absorção 3480 e 3349 cm⁻¹ correspondentes à vibração assimétrica e simétrica dos grupos N–H, e por Difração de Raios X (DRX) pela presença do pico de difração no ângulo 22,31°, típico da ureia. Teste com o PLCN no cultivo do quiabeiro mostrou seu potencial como nutriente.

PALAVRAS-CHAVE: PLCN, ureia, vermiculita, CMC.

OBTAINING AND EVALUATION OF NITROGEN NUTRIENT IN OKRA PLANTING **(*Abelmoschus esculentus L Moench*)**

ABSTRACT: This study has an objective to develop a nitrogen controlled release product (NCRP) from the urea mixture and vermiculite encapsulated by cellulosic derived, using extrusion, and evaluate its performance in okra cultivation (*Abelmoschus esculentus L Moench*). The urea content in the mixture with vermiculite was 30% (w/w), while the encapsulant hydrogel was 1% (w/v) of carboxymethylcellulose (CMC). The kinetics of nitrogen controlled release was evaluated in aqueous medium diffuser. The characterization chemical of NCRP was performed by X-ray spectrometer (EDX) showed that concentrations of the chemicals are in accordance with legislation. The vermiculite morphologies and NCRP were analyzed by Scanning Electron Microscopy (SEM) in this is observed that the compact lamellar structure of the vermiculite arranged in overlapping layers of blocks remained in the NCRP. The urea presence in vermiculite was confirmed by spectroscopic Infrared Fourier Transform Spectroscopy (IFTS) through the absorption bands 3480 and 3349 cm⁻¹ corresponding to the asymmetric and symmetric vibrations of N–H groups, and X-ray Diffraction (XRD) by the presence of diffraction peak at angle 22.31 °, typical for urea. Tests with the NCRP in okra cultivation revealed your potential as nutrient.

KEYWORDS: NCRP, urea, vermiculite, CMC.

INTRODUÇÃO

O Nitrogênio (N) é um dos elementos mais requeridos pelas plantas, devido à sua relevância na produção de novas células e tecidos. Neste contexto o teor de N e o método de fertilização empregado, pode afetar significativamente a produção agrícola (Porto et al., 2014).

A ureia é o produto nitrogenado mais utilizado no Brasil e no mundo, por apresentar maior concentração de N, aproximadamente 46%, e menor custo (IFA, 2013). Embora seja uma fonte rica em Nitrogênio, sua aplicação direta no solo aumenta o pH devido a rápida hidrólise enzimática com formação de amônia e de nitrato o que reduz a eficiência da fertilização em consequência das perdas por volatilização (Fontoura e Bayer, 2010).

A nitrificação do solo pode ser minimizada com a aplicação de ureia incorporada ou revestida a substratos inertes, precedida da correção da acidez por calagem, que possibilita o nitrogênio, proveniente da hidrólise da amônia (NH_3) fixar-se na forma de amônio (NH_4^+) que é estável (EMBRAPA, 2005, Bernardi et al., 2015).

Diante da necessidade de melhorar a eficiência no uso de produtos nitrogenados na agricultura, o objetivo deste estudo foi elaborar um produto de liberação controlada de nitrogênio (PLCN) a partir da mistura, por extrusão, de ureia com vermiculita encapsulada em derivado celulósico, e avaliar o seu desempenho em cultivo de quiabeiro (*Abelmoschus esculentus L Moench*).

MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento do PLCN, utilizou-se de ureia da Fábrica de Fertilizantes Nitrogenados de Sergipe – FAFEN; vermiculita expandida de granulometria na faixa de 021 - 0,30mm e carboximetilcelulose (CMC) comercial.

A obtenção do PLCN se deu em três etapas: na etapa 1: a vermiculita foi seca em estufa com circulação de ar a 30°C, até peso constante; na etapa 2: mistura de vermiculita com ureia na proporção 70:30 (m/m) foi realizada em misturador mecânico a 100 rpm, e na etapa 3: à mistura vermiculita/ureia foi adicionada o hidrogel encapsulante de CMC 1% (m/v) e submetida à extrusão, na forma de bastão com 10mm de comprimento e 4mm de diâmetro. O material extrudado foi seco em estufa com circulação de ar a 30°C, até atingir peso constante.

A análise elementar dos constituintes da vermiculita e do PLCN foi realizada por espectroscopia dispersiva de raios X (EDX) utilizando o equipamento Shimadzu, modelo EDX – 720, Ray HY – X Ray Spectrometer. O solo do sítio de testes agrícolas do IFS/Campus São Cristóvão-SE, utilizado no teste da eficiência do PLCN, foi quimicamente analisado, antes da aplicação do produto, pelos Métodos Padrões Oficiais para Análises de Corretivos e Fertilizantes (MPOACF) da Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária definida pela Portaria SNAD N° 31 de 08 de junho de 1982, com a finalidade de avaliar a necessidade ou não, tanto de calagem quanto de adubação, antes do cultivo do quiabeiro (*Abelmoschus esculentus L. Moench*).

A comprovação da incorporação da ureia no PLCN foi realizada por Espectroscopia de Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR) na região NIR, aplicando 64 varreduras com resolução de 4 cm^{-1} , em amostras preparadas em pastilha de KBr, na proporção de 1:100 (m/m) utilizando o equipamento Thermo Scientific, Nicolet iS10.

A caracterização morfológica da vermiculita e do PLCN foi realizada por microscopia eletrônica de varredura (MEV) utilizando o aparelho Hitachi, modelo TM 3000 e a estrutura por difração de raios X (DRX) utilizando o equipamento Bruker D8-Advance série Da Vinci, com fonte de radiação $\text{CuK}\alpha$ ($\lambda = 1,5418\text{Å}$), varredura de 2θ , de 4 a 75° com passo de 0,02° e tempo de aquisição de 0,4 segundos.

A determinação do perfil de liberação do N no PLCN foi realizada por meio de medida de quantidade de nitrogênio total liberado em água, pelo método de Kjeldhal aplicando o modelo matemático de Korsmeyer-Peppas (Korsmeyer et al., 1983; Ritger e Peppas, 1987; Siepmann e Peppas, 2001).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

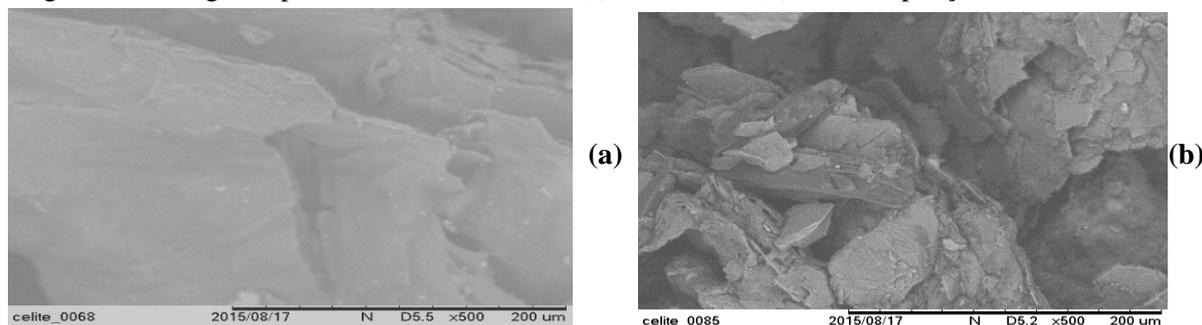
A Tabela 1 mostra os resultados de EDX da vermiculita e do PLCN e das análises realizadas por MPOACF de amostra do solo. Observa-se que não são encontrados metais pesados acima dos limites estabelecidos pelo Decreto 4.954 de janeiro de 2004.

Tabela 1. Análise elementar da vermiculita, do PLCN e da amostra de solo do sítio de testes do IFS

Elementos Metálicos	EDX		MPOACF
	Vermiculita (%)	PLCN (%)	Amostra de Solo
Mg	7,009	1,418	1,110 cmol _c /dm ³
Si	5,936	1,036	---
Al	4,010	0,807	0,990 cmol _c /dm ³
Fe	1,662	0,441	458,360 mg/dm ³
S	0,008	0,149	----
K	0,092	0,009	22,000 mg/dm ³
Ca	0,025	0,008	0,590 cmol _c /dm ³
Ti	0,245	0,056	----
Cr	0,170	0,034	----
Ba	----	----	----
Ni	0,039	0,008	----
Mn	0,013	0,004	1,190 mg/dm ³
Ag	----	0,002	----
Zn	0,002	0,000	0,220 mg/dm ³
V	0,009	0,001	---

A Figura 1(a,b) mostra a morfologia estratificada lamelar compacta sobreposta e disposta em blocos obtida por MEV tanto para a vermiculita quanto para o PLCN, característica de argilominerais (Barabaszova e Valaskova,2013) e que o processamento do PLCN não alterou a morfologia do substrato mineral.

Figura 1. Micrografia por MEV da vermiculita (a) e do PLCN (b), com ampliação de 500x.



Os resultados das análises espectrofotométricas por FTIR da vermiculita, ureia e PLCN são apresentados na Figura 2. Consta-se que a vermiculita apresenta uma banda de absorção larga e intensa em 3420 cm⁻¹ atribuída à deformação axial de ligação do oxigênio com hidrogênio (O-H) intermolecular presente na estrutura molecular da vermiculita e na água adsorvida. Enquanto que os espectros de infravermelho da ureia e do PLCN mostram bandas de absorção de 3480 e 3349 cm⁻¹ correspondente à vibração assimétrica e simétrica, respectivamente, do grupo N-H, original da ureia; a absorção da banda em torno de 1647 cm⁻¹ está associada ao alongamento de vibração dos grupos – C=O da ureia, comprovando a sua incorporação ao produto final (Silverstein et al., 2006).

Na Figura 3, observam-se no difratograma em azul, picos característicos da vermiculita (Bergaya e Lagaly, 2013). Em relação ao difratograma do PLCN, em vermelho, observam-se o pico de difração (2θ) 22,31° típico da ureia (Nardi et al., 2015), o que comprova a incorporação desta na vermiculita.

A Figura 4 mostra o perfil de liberação de N do PLCN durante um período de observação de noventa dias (2160 horas). Os parâmetros cinéticos de liberação determinados por meio do modelo de Korsmeyer-Peppas mostrou que a constante da taxa de liberação (K) foi 1,54 ± 0,58 e o expoente de liberação que caracteriza o mecanismo de transporte envolvido (n) 0,48 ± 0,05. O perfil da curva revela que 50% de N são liberados em 600h, tendendo a estabilizar gradativamente a liberação em 60% de N. O PLCN produzido neste estudo promoveu liberação lenta de N e o seu desempenho é

corroborado por resultados encontrados na literatura (Silva et al., 2014; Aouada et al., 2008; Geng et al., 2015).

Figura 2. FTIR da vermiculita, ureia e do PLCN

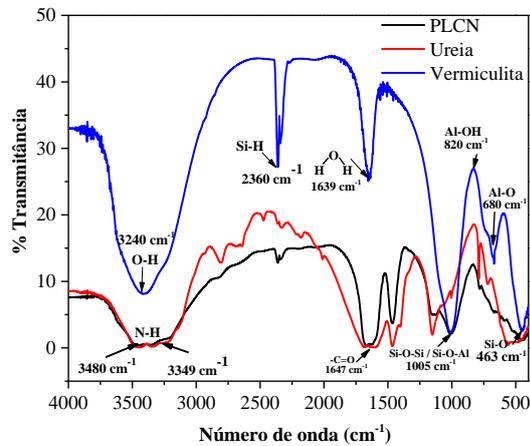


Figura 3. Difratoograma da vermiculita e PLCN.

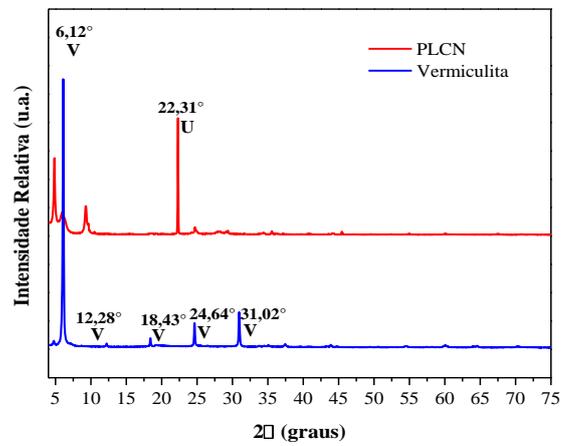
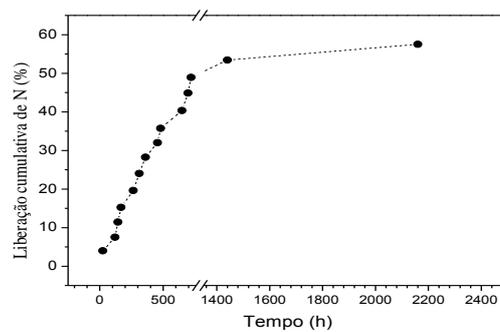


Figura 4. Perfil de liberação controlada cumulativa de nitrogênio em água do PLCN.



A análise de pH da amostra do solo empregada na avaliação do PLCN, revelou que este possui pH=5,06 necessitando portanto de correção por calagem, o que foi realizado com calcário dolomítico, vinte dias antes do plantio do quiabeiro (*Abelmoschus esculentus L Moench*) (Sobral 2007).

A Figura 5 (a,b) mostra o desenvolvimento do quiabeiro (*Abelmoschus esculentus L Moench*) duas semanas após o plantio na presença e ausência do PLCN, com o mesmo número de sementes, em cada jardineira. Observa-se que os quiabeiros da jardineira (a) se desenvolveram de forma homogênea e mais vigorosa no solo adubado com o PLCN, comprovando assim, sua eficiência.

Figura 5. Plantação experimental de quiabeiro após duas semanas.



CONCLUSÕES

A proposta de incorporar ureia em vermiculita encapsulada em hidrogel de CMC como meio de evitar rápida hidrólise enzimática e a volatilização da amônia, mostrou ser uma alternativa para obtenção de PLCN como fonte de N para as plantas, evitando o possível risco de eutrofização do solo, baixa eficiência na fertilização e contaminação do meio ambiente, além de possuir baixo custo de produção.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAFEN/Petrobras pela doação da ureia, ao PEQ e DEQ da UFS e ITPS pela cooperação, durante todo o período de desenvolvimento deste estudo e à ANP/Petrobras pelo apoio advindo do termo de cooperação N° 0050.0050002.09.0.

REFERÊNCIAS

- Aouada, F. A.; Moura, M. R.; Menezes, E. A.; Nogueira, A. R. A.; Mattoso, L. H. C. Síntese de hidrogéis e cinética de liberação de amônio e potássio. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* [online] v.32, n.4, P.1643-1649, 2008.
- Bergaya, F.; Lagaly, G. *Handbook of clay science*. 2ª ed. Vol. 5A, Newnes, Elsevier, 2013. 1197 p.
- Bernardi, A. C. C.; Bettiol, G. M.; Grego, C. R.; Andrade, R. G.; Rabello, L. M.; Inamasu, R. Y. Ferramentas de agricultura de precisão como auxílio ao manejo da fertilidade do solo. *Cadernos de Ciência e Tecnologia*, v.32, n.1/2, p.211-227, 2015.
- EMBRAPA – Sistemas de Produção n.5, versão eletrônica, 2005. Disponível em: <https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/FeijaoIrrigadoNoroesteMG/adubacao.htm>. Acesso em: 12 de junho de 2016.
- Fontoura, S. M.V.; Bayer, C. Ammonia volatilization in no-till system in the south-central region of the State of Paraná, Brazil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.34, n.5, p.1677-1684, 2010.
- Geng, J.; Ma, Q.; Zhang, M.; Li, C.; Liu, Z.; Lyu, X.; Zheng, W. Synchronized relationships between nitrogen release of controlled release nitrogen fertilizers and nitrogen requirements of cotton. *Field Crops Research*, v.184, p.09-15, 2015.
- IFA - International Fertilizer Industry Association. IFA database <http://www.fertilizer.org/>. 10 Mar, 2016.
- Jurgen, S.; Nikolaos, A. P. Mathematical modeling of controlled drug delivery. *Advanced Drug Delivery Reviews*, v.48, n.2-3, p.137-138, 2001.
- Karla, C. B.; Marta, V. Characterization of vermiculite particles after different milling techniques. *Powder Technology*, v.239, p.277-283, 2013.
- Nardi, S. Q. W.; Teixeira, S. D.; Parabocz, C. R. B. Incorporação de fonte de nitrogênio em partículas de PVA e alginato de sódio e estudo da influência de ciclos de congelamento/descongelamento na caracterização do produto. *Polímeros*, v.25, n.6, p.606-613, 2015.
- Philip, L. R.; Nikolaos, A. P. A simple equation for description of solute release: II. Fickian and anomalous release from swellable devices. *Journal of Controlled Release*, v.5, n.1, p.37-42, 1987.
- Porto, J. S.; Amorim, Y. F.; Rebouças, T. N.H.; Lemos, O. L.; Luz, J. M. Q.; Costa, R. Q. Índice SPAD e crescimento do tomateiro em formação de diferentes fontes e doses de nitrogênio. *Scientia Plena*, v.10, n.11, p.110203, 2014.
- Richard, W. K.; Robert, G.; Eric, D.; Pierre, B.; Nikolaos, A. P. Mechanisms of solute release from porous hydrophilic polymers. *International Journal of Pharmaceutics*, v.15, n.1, p.25-35, 1983.
- Silva, V.; Kamogawa, M. Y.; Marangoni, R.; Mangrich, A. S.; Wypych, F. Hidróxidos duplos lamelares como matrizes para fertilizantes de liberação lenta de nitrato. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.38, n.1, p.272-277, 2014.
- Silverstein, R. M.; Webster, F. X.; Kiemle, D. J. *Identificação Espectrométrica de Compostos Orgânicos*. 7ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006. 490 p.
- Sobral, L. F. *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes no estado de Sergipe*. 1ª ed. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2007. 241p.