

FERTILIZANTE FOSFATADO DE LIBERAÇÃO CONTROLADA BASEADO EM HIDRÓXIDOS DUPLOS LAMELARES

Marcela P. Bernardo ^{a,b}; Gelton G.F. Guimarães ^b; Caue Ribeiro ^{a,b}

^a Departamento de Química, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, Brasil.

^b Embrapa Instrumentação, São Carlos, SP, Brasil

Classificação: Novos materiais e processos em nanotecnologia e suas aplicações no agronegócio.

Resumo

A deficiência de fósforo é o fator que mais limita o crescimento e a produtividades das plantas. O uso de fertilizantes fosfatados é utilizado para reparar a deficiência de P. Porém, o uso incorreto destes resulta na ineficiência do uso do nutriente pela planta. Fertilizantes de liberação controlada podem evitar a aplicação excessiva de fosfato e suas prejudiciais consequências. Neste trabalho o hidróxido duplo lamelar ([Mg-Al]-HDL) foi incorporado com alta concentração de fósforo. Foi realizado a caracterização físico-química do material adsorvido com fósforo, obtido pelo método de reconstrução estrutural. O conteúdo de P foi de 42.4 mg.g⁻¹ em HDL. A liberação de P em água a partir de [Mg-Al-PO₄]-HDL foi 10 vezes mais lenta que de KH₂PO₄, o que demonstra o potencial de [Mg-Al-PO₄]-HDL ser usado como fonte de fósforo de liberação lenta para plantas. Estudos em plantas de trigo (*Triticum aestivum*) mostraram que [Mg-Al-PO₄]-HDL foi eficiente em fornecer P tão bem quanto as outras fontes fosfatadas comerciais (MAP e KH₂PO₄). Além disso, este material aumentou o pH e concentração de P disponível no solo, após 30 dias de cultivo, demonstrando que o material é capaz de fornecer P em períodos subsequentes, o que confirma seu potencial como fertilizante fosfatado.

Palavras-chave: Fertilizante fosfatado; Hidrotalcita; Efeito de memória; Plantas de trigo

PHOSPHATE FERTILIZERS OF CONTROLLED RELEASED BASED ON LAYERED DOUBLE HYDROXIDES

Abstract

Phosphorous deficiencies are major limits for plant growth and crop productivity. The use of P-fertilizers is common practice to repair the intrinsic deficiency of soils used for cultivation. However, the constant mismanagement of fertilizers results in inefficient plan use of nutrient, lost profits for farmer and potential damage to environment. Controlled release fertilizers avoid the excess of applied phosphate and harmful consequences. We report that hydrotalcite-like LDH ([Mg-Al]-LDH) incorporate with P. To achieve this, we do the characterization of the physical-chemical properties of the phosphate adsorption on [Mg-Al]-LDH through the structural reconstruction method which provides a great phosphate content of 42.4 mg.g⁻¹. Then, the P release in water showed that the time to release 90% of the phosphate for [Mg-Al-PO₄]-LDH was 10 times latter than KH₂PO₄, which announces the potential of [Mg-Al-PO₄]-LDH to be applied as phosphate source to crops. Wheat plants (*Triticum aestivum*) showed that [Mg-Al-PO₄]-LDH was able of providing the same P uptake efficiency than other soluble sources (MAP and KH₂PO₄) in a short period time. Besides, this material increased the soil pH and the P available 30 days after planting, demonstrating that it can provide P in subsequent periods, confirming its potential as phosphate fertilizer.

Keywords: Phosphate fertilizer; Hydrotalcite; Memory effect; Wheat plants..

Publicações relacionadas: (A) Bernardo, M. P.; Moreira, F. K. V.; Colnago, L. A.; Ribeiro, C. Physico-chemical assessment of [Mg-Al-PO₄]-LDHs obtained by structural reconstruction in high concentration of phosphate. *Colloids Surfaces A Physicochem. Eng. Asp.* **2016**, 497.

(B) Bernardo, M. P.; Moreira, F. K. V.; Ribeiro, C. Synthesis and characterization of eco-friendly Ca-Al-LDH loaded with phosphate for agricultural applications. *Applied Clay Science.* **2017**, 143.

1 INTRODUÇÃO

Fósforo é um elemento essencial ao crescimento de plantas. A deficiência deste elemento é o um dos maiores limitantes do crescimento de plantas e da produção de cultivos ao redor do mundo. (SANCHES; SALINAS 1981; WISSUWA 2003). Os solos ácidos, como Oxisols e Ultisols são cerca de 70% deficientes em P e aproximadamente 50% destes tipos de solo são encontrados na América tropical (FAIRHURST et al., 1999; OBERSON et al., 2001). Assim, a retirada e aproveitamento de P destes solos é um fator limitante para rendimentos ótimos na agricultura. (SMIT et al., 2009; Van de WIEL et al., 2016). O uso de fertilizantes com liberação controlada evita o excesso de aplicação de fósforo.

Hidróxidos Duplos Lamelares (HDL) são uma importante classe de argilas que podem ser utilizadas como matrizes para a liberação lenta de fosfato (CUNHA et al., 2010). Este trabalho tem a intenção de desenvolver um eficiente nanofertilizante fosfatado a partir da reconstrução estrutural em hidróxidos duplos lamelares ([Mg-Al-PO₄]-HDL). Além disso, também objetivamos ter conhecimentos sobre a interação de solos “oxisols” com fosfato, advindos de diferentes fontes, como o comercial fertilizante fosfatado, MAP, uma fonte solúvel de fósforo (KH₂PO₄), e de uma argila aniônica com reconhecida capacidade de proteção do conteúdo interno ([Mg-Al-PO₄]-HDL).

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Adsorção de fosfato pelo método de reconstrução e cinética de liberação.

A adsorção de fosfato ocorreu pelo chamado efeito de memória. A hidrotalcita comercial foi submetida a tratamento térmico a 600°C por 4 horas em mufla, com taxa de aquecimento de 30°C.min⁻¹. Em seguida, 500 mg do material calcinado foram adicionados a 250 mL de solução de KH₂PO₄ (16,6 mM) previamente equilibrada a 75°C com pH ajustado para 7 usando 0,1M NaOH. A mistura foi continuamente agitada por 24h e então centrifugado a 11,200g por 10 min. O precipitado foi ressuspenso em água e armazenado em freezer e liofilizado sob vácuo a 1,33× 10⁻⁴ bar (Supermodulyo Freeze Dryer, Thermo Fisher Scientific Inc., Kansas City, MO, USA) para obtenção de pós brancos. Os materiais foram submetidos a difração de raios-x.

Estudo cinéticos de liberação de P em água foram realizados, para comparação da velocidade de liberação de [Mg-Al-PO₄]-HDL, MAP e KH₂PO₄.

2.2 Estudo com trigo

Os bioensaios foram conduzidos em vasos com 250 g de solo Oxisol com 5 sementes de trigo (*Triticum aestivum*- variedade: BRS 254) tendo como fonte de P fontes comerciais e [Mg-Al-PO₄]-HDL. Os vasos foram expostos a luz natural, temperatura de 17-25 °C, e umidade mantida constante. Após 30 dias de cultivo as plantas foram analisadas para determinação de P na parte área.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Efeito de memória e adsorção de fosfato

A ocorrência do chamado efeito de memória em [Mg-Al]-HDL foi verificado por difração de raio-x (Figura 1-A). O produto calcinado uma vez em contato com solução fosfatada (16,6 mM) manteve os principais picos referentes a HDL, com deslocamento do pico (003), o que levou ao aumento de 0,2 Å no espaço interlamelar (de acordo com a lei de Bragg).

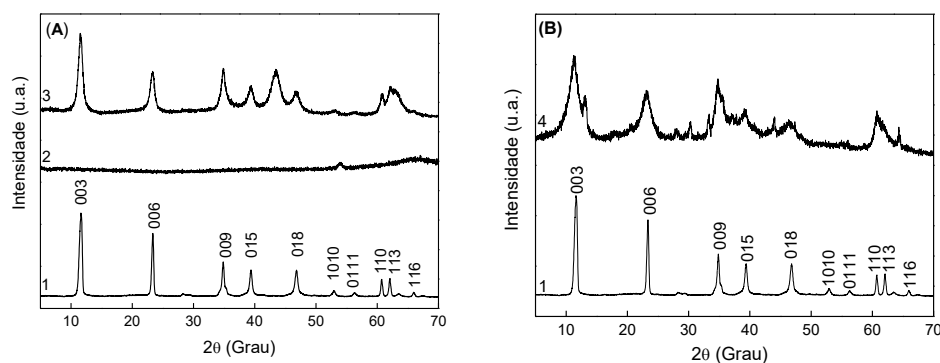


Figura 1. Padrões de difração de raios-x para reconstrução estrutural em água (A) e para reconstrução estrutural em solução de fosfato (B) (1) [Mg-Al]-HDL comercial; (2) [Mg-Al]-HDL comercial calcinado; (3) [Mg-Al]-HDL comercial reconstruído em água; (4) [Mg-Al]-HDL comercial reconstruído em 16.6 mM PO_4^{3-}

3.2 Cinética de liberação de P em água

KH_2PO_4 atinge 90% de sua capacidade de liberação em apenas 5 minutos, como esperado para uma fonte solúvel de P. MAP, outra fonte solúvel, liberou a mesma quantidade em 5 minutos, enquanto [Mg-Al]-HDL levou 52 minutos para liberar 90% do seu conteúdo de P.

3.3 Retirada de P por culturas de trigo

$[\text{Mg-Al-PO}_4]\text{-HDL}$ foi capaz de promover a mesma nutrição que as outras fontes de P, com a vantagem de aumentar significativamente o pH do solo e apresentar uma maior quantidade de P disponível para liberação após 30 dias. Adicionalmente o aumento do pH do solo pode aumentar a disponibilidade de P às plantas, pois interações de P e imobilização deste com elementos do solo podem ser evitadas.

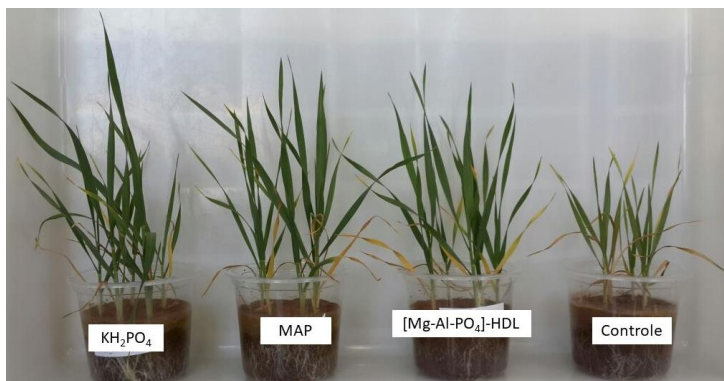


Figura 2. Foto retirada após 30 dias de cultivo, demonstrando que $[\text{Mg-Al-PO}_4]\text{-HDL}$ foi capaz de promover, qualitativamente, a mesma nutrição que KH_2PO_4 e MAP.

4 CONCLUSÃO

Em conclusão, foi investigado [Mg-Al]-HDL como material para ser usado na liberação controlada de P, uma característica desejável para fertilizantes fosfatados. Experimentos com plantas de trigo mostraram que $[\text{Mg-Al-PO}_4]\text{-HDL}$ foi capaz de fornecer a mesma quantidade de P que as outras fontes solúveis em um curto período de tempo. Além disso, esse nanofertilizante aumentou o pH do solo, o que torna o P disponível para as plantas além de 30 dias, confirmando o potencial deste fertilizante.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao suporte financeiro fornecido pelo CNPq (402287/2013-4), ao SISNANO/MCTI, FINEP e a CAPES pela bolsa de estudos de doutorado, além da Embrapa Instrumentação pela estrutura fornecida.

REFERÊNCIAS

- CUNHA, V. R. R.; FERREIRA, A. M. C. Hidróxidos Duplos Lamelares: Nanopartículas Inorgânicas Para Armazenamento E Liberação de Espécies de Interesse Biológico E Terapêutico. *Química Nova*, v. 33, n. 1, p. 159–71, 2010.
- FAIRHURST, T. R. L.; MUTERT, N. B. E. The Importance, Distribution and Causes of Phosphorus Deficiency as a Constraint to Crop Production in the Tropics. *Agroforestry Forum*, v. 9, n. 4, p. 2–8, 1999.
- OBERSON, A. D. et al. Phosphorus Transformations in an Oxisol under Contrasting Land- Use Systems: The Role of the Soil Microbial Biomass. *Plant and Soil*, v. 237, n. 2, p. 197–210, 2001.
- SANCHES, P.A.; SALINAS J.G. Low Input Technology for Managing Oxisol and Udisols in Tropical America. *Advances in Agronomy*, v. 34, p. 229–406, 1981.
- SMIT, A. L. et. al. Phosphorus in Agriculture: Global Resources, Trends and Developments. *Report to the Steering*, v. 5, p. 42, 2009.
- WIEL, C. C. et. al. Improving Phosphorus Use Efficiency in Agriculture: Opportunities for Breeding. *Euphytica*, v. 207 n. 1. p. 1–22, 2016.
- WISSUWA, M. How Do Plants Achieve Tolerance to Phosphorus Deficiency? Small Causes with Big Effects. *Plant Physiology*, v. 133, n. 4, p. 1947–1958, 2003.