

Scientific Electronic Archives

Issue ID: Sci. Elec. Arch. Vol. 11 (3)

June 2018

Article link

<http://www.seasinop.com.br/revista/index.php?journal=SEA&page=article&op=view&path%5B%5D=509&path%5B%5D=pdf>

Included in DOAJ, AGRIS, Latindex, Journal TOCs, CORE, Discoursio Open Science, Science Gate, GFAR, CIARDRING, Academic Journals Database and NTHRYS Technologies, Portal de Periódicos CAPES.



Caracterização e potencialidade de fertilizantes fosfatados orgânicos e minerais utilizados na agricultura anual

Characterization and potential of organic and mineral phosphate fertilizer used in the annual agriculture

A. Nolla, M. A. Mari, J. H. Castaldo, M. Sorace, L. V. Mota Neto, C. R. S. Damy

Universidade Estadual de Maringá

Author for correspondence: anolla@uem.br

Resumo: A adubação fosfatada se faz necessária para que o solo seja capaz de oferecer condições ideais para o desenvolvimento das plantas. No entanto, os fertilizantes fosfatados diferem quanto à sua origem, efeito residual e eficiência na disponibilização do nutriente no solo. Assim, objetivou-se caracterizar a origem e viabilidade dos principais fertilizantes fosfatados minerais e orgânicos, de forma a atender a real necessidade de adubação para algumas culturas anuais de interesse comercial. Os adubos fosfatados são classificados em fertilizantes minerais solúveis e naturais e adubos orgânicos. Os fertilizantes minerais solúveis apresentam como principal vantagem a disponibilidade imediata de fósforo quando aplicados no solo, de forma a atender rapidamente a necessidade de fósforo que as plantas possuem. Porém apresentam como principal problema a rápida fixação do fósforo disponível aos sítios de adsorção, o que reduz bastante o efeito residual. Assim, tem sido utilizados fosfatos naturais que são capazes de disponibilizar o nutriente por maior tempo, porque apresentam reação mais gradual no solo. No entanto, apresentam como problema a baixa solubilidade em solos com pH H_2O alto ($>5,5$). Como estratégia, podem ser aplicados os termofosfatos, fertilizantes naturais que sofreram tratamento térmico, o que aumenta a eficiência, além de apresentarem maior efeito residual que adubos solúveis. No entanto, os adubos minerais apresentam como principal problema o elevado custo, o que reduz a lucratividade da lavoura. Assim, a estratégia empregada na agricultura pode ser com a aplicação de adubos orgânicos, capazes de fornecer fósforo e outros nutrientes, de forma a garantir uma adubação mais completa. Além disso, apresentam maior efeito residual, o que pode ser uma importante forma de adubação principalmente em solos argilosos.

Palavras-chave: adubos fosfatados, termofosfatos, fertilizantes solúveis, adubos orgânicos.

Abstract: The phosphorus fertilization is necessary so that the soil is able to offer ideal conditions for the development of plants. However, phosphate fertilizers differ in their origin, residual effect and efficiency in the availability of nutrients in the soil. The objective was to characterize the origin and sustainability of major mineral and organic phosphate fertilizers, in order to meet the real need for fertilization for some annual crops of commercial interest. Phosphate fertilizers are classified into soluble and natural mineral fertilizers and organic fertilizers. The soluble mineral fertilizers have the major advantage of immediate availability of phosphorus when applied to the soil, and then give quickly the needed for phosphorus to the plants. However they are the main problem the rapid fixing of phosphorus available for adsorption sites, which greatly reduces the residual effect. Thus it has been used natural phosphates that are able to provide nutrient for a longer time because they present more gradual reaction in the soil. However, the problem to have low solubility in soil with high pH H_2O (> 5.5). As a strategy, the thermophosphates can be applied, natural fertilizers heat-treatment, which increases efficiency, in addition to having greater residual effect soluble fertilizers. However, mineral fertilizers have as main problem the high cost, which reduces the profitability of the crop. Thus, the strategy employed in agriculture may be from the application of organic fertilizers capable of supplying phosphorus and other nutrients, to ensure a more complete fertilization. Also, they have greater residual effect, which can be an important way of fertilization mainly in clayey soils.

Keywords: phosphatic fertilizers, thermophosphates, soluble fertilizers, organic fertilizers

Introdução

Os fertilizantes possuem particularidades que interferem na eficiência para as plantas. A baixa mobilidade dos fosfatos no solo, quando aplicados superficialmente, potencializam os processos de retenção do fósforo (P) no solo, visto que a disponibilidade de P para as plantas é inversamente proporcional ao volume de solo atingido com a aplicação do fosfato (ANGHINONI, 1992). Isso é devido ao maior contato do P com o solo, aumentando sua adsorção. No entanto, além dos aspectos relacionados ao P, as características físicas do solo, como o alto teor de argila ($>600 \text{ g kg}^{-1}$) podem favorecer os fenômenos de sorção de P (NOVAIS E SMYTH, 1999).

Alternativas para a fertilização fosfatada vêm sendo estudadas ao longo dos anos em função da menor eficiência deste nutriente em solos argilosos. Desta maneira, buscam-se informações a respeito de benefícios ou interações que possam haver entre estes fertilizantes e demais formas de manejo que são importantes ao cultivo sustentável. Para a fertilização do solo utiliza-se, no Brasil, a aplicação de adubos fosfatados minerais, que são de aplicação mais fácil e de maior solubilidade. Porém, estas fontes compostas basicamente por sais de P, apresentam alta solubilidade, com rápida disponibilização dos nutrientes às plantas. Esta alta solubilidade também faz com que os nutrientes que não são aproveitados pelas plantas, sejam fixados, o que reduz a disponibilidade do fósforo no decorrer do tempo (KIEHL, 1985). Isto ocorre com maior rapidez e eficiência nos solos muito argilosos ($>60\%$ de argila), porque o fósforo se liga de forma irreversível (fósforo não lábil) aos óxidos de ferro presentes na fase sólida do solo. Nessas condições, a maior presença de óxidos é capaz de fixar num período de poucos meses grande parte do P que foi aplicado no solo, via fertilização (NOVAIS et al., 2007). Como alternativa, tem sido utilizadas estratégias para reduzir a fixação nos sítios de adsorção, como o uso de fertilizantes naturais reativos. Estes, apresentam eficiência semelhante aos fertilizantes solúveis, porém boa parte dos fertilizantes fosfatados naturais reativos são importados, o que aumenta o custo do insumo que deve ser aplicado no solo (NOVAIS E SMYTH, 1999). Além disso, tem sido utilizados fertilizantes fosfatados que sofreram tratamento térmico, como o termofosfato magnésiano, onde a apatita é fundida com a serpentinita a 1450°C , originando um adubo rico em fósforo, magnésio e silício (BISSANI et al., 2008). A eficiência deste produto é bastante semelhante aos fertilizantes minerais solúveis como o superfosfato triplo, porém o maior benefício do termofosfato é o maior efeito residual (SANTOS, 2008).

No entanto, o uso de fertilizantes minerais, os quais disponibilizam rapidamente os nutrientes necessários, aumenta o investimento em insumos de

produção, devido ao seu custo elevado. A forma mais eficiente de utilização dos fertilizantes agrícolas brasileira nos dias engloba uma comparação relacionada aos retornos econômicos. Assim, está sendo proposta uma permuta entre custos de insumos e preços dos produtos produzidos na lavoura. O objetivo é a redução de gastos com esses insumos, notadamente com fertilizantes convencionais (LOPES E GUILHERME, 2000).

Neste sentido, tem-se estudado diversos resíduos orgânicos como fertilizantes e, dentre eles, a cama de frango tem sido usada como fertilizante, fonte de nitrogênio (N), fósforo, potássio (K) e micronutrientes (CABRERA E CHIANG, 1994). Silva et al. (2011), trabalhando com cama de frango e em adubação de milho, obtiveram maiores médias de alturas de plantas (95,11 cm) e nos teores de P ($8,38 \text{ mg dm}^{-3}$), após 45 dias da aplicação de 21 t ha^{-1} de cama de frango em relação ao tratamento mineral ($67,50 \text{ cm}$ e $1,56 \text{ mg dm}^{-3}$, respectivamente). Na soja, foi obtido aumento de aproximadamente 10% na produtividade de grãos com a aplicação da cama de frango comparando-se com a aplicação de nitrato de amônia e superfosfato triplo (ADELI et al., 2005).

A adubação com resíduos orgânicos (por exemplo a cama de frango) consiste em uma das formas corretas de “descarte”, ou destino destes materiais e, também possui capacidade de melhorar as características físicas, químicas e biológicas do solo (WESTEMAN E BICUDO, 2005). Estes fertilizantes orgânicos acabam proporcionando aumentos no rendimento das culturas (SISTANI et al., 2004), com custos menores quando comparados a fertilizantes minerais (MENEZES et al., 2003), viabilizando assim novos estudos utilizando estes materiais como fontes alternativas de nutrientes às plantas. As rochas fosfáticas que originam todos os fosfatos minerais são finitas e, com prazo de esgotamento (VAN VUUREN et al., 2010). Assim, um estudo que permita atingir elevados níveis de produtividades das culturas com a menor dose de fosfato possível, alcançando a melhor eficiência agrônômica na nutrição das plantas faz-se necessário. Desta forma, é desejável a caracterização da fertilização fosfatada mineral solúvel e natural, comparada com a adubação orgânica, sendo alternativa viável e importante ferramenta prática para implantar conceitos de aplicações fosfatadas de maneira econômica e sustentável.

O trabalho foi desenvolvido no intuito de caracterizar a origem e viabilidade dos principais fertilizantes fosfatados minerais e orgânicos, de forma a atender a real necessidade de adubação para algumas culturas anuais de interesse comercial.

Origem e características dos fertilizantes fosfatados

Com exceção das fontes orgânicas de P, as demais são provenientes de processos industriais,

químicos ou físicos, aos quais as rochas fosfatadas (fosfórica ou fosfática) são submetidas (HOROWITZ E MEURER, 2004). O superfosfato simples é fabricado por meio da reação da rocha fosfática moída com o ácido sulfúrico e, o STP, oriundo da reação da rocha fosfática moída com o ácido fosfórico (MALAVOLTA, 2004). Este por sua vez (ácido fosfórico), tem origem na reação da rocha fosfática moída com ácido sulfúrico mais concentrado do que o utilizado na produção do superfosfato simples (PROCHNOW et al., 2004). Já os fosfatos amoniados são provenientes da reação do ácido fosfórico com a amônia, sendo gerado o monoamônio fosfatado (MAP) da reação com uma molécula de amônia e, o diamônio fosfatado (DAP) da reação com duas moléculas de amônia (NOVAIS et al., 2007).

Os fosfatos solúveis possuem como principal característica respostas rápidas, devido à elevada solubilidade no solo, dissolvendo-se e liberando P na solução, possibilitando assim o melhor desenvolvimento inicial das plantas. Contudo, o tempo de contato desses fertilizantes com o solo reduz seu efeito residual, devido à adsorção específica do P aos óxidos de Fe e Al. Em solos ácidos, esse fenômeno acentua-se em razão da maior solubilidade dos óxidos de Fe e Al, da maior concentração destes íons metálicos e da maior capacidade de troca aniônica (NOVAIS E SMYTH, 1999).

O termofosfato é obtido a partir da fusão do fosfato natural com a serpentina (rocha magnésiana), a uma temperatura de em torno de 1450°C e imediato resfriamento (RAIJ, 1991). Este processo térmico visa transformar o P, tornando-o disponível para as plantas, sendo que para a produção de termofosfatos magnésianos é necessária a adição de componentes magnésianos e sílicos (ORIOLI JUNIOR, 2008). Em contato com o solo, o termofosfato dissocia-se, liberando o ânion SiO_3^- , que pode ainda dissociar-se em SiO_4^{4-} sendo o ânion que sofre maior fixação pelo solo, deixando assim disponível o H_2PO_4^- para as plantas (VITTI et al., 2004).

Para o milho foi verificado que a eficiência do fosfato natural de GAFSA em relação ao STP foi superior a 100% (KORNDÖRFER et al., 1999). Kliemann e Lima (2001), estudando a eficiência de fosfatos na soja no estado de Goiás, verificaram que o superfosfato triplo proporcionou a maior produtividade (próximo de 3300 kg ha⁻¹ em um Latossolo Vermelho-Escuro de Goiânia e 1680 kg ha⁻¹ em um Latossolo Roxo de Anápolis), seguido do fosfato natural (GAFSA) e do termofosfato IPT, alcançando com esses fertilizantes índices de eficiência agrônômica relativa (EAR), baseando-se no STP, acima de 90%. Contribuindo com essas afirmações, porém com menores índices EAR, Oliveira Junior et al. (2008) encontraram em solos da região do cerrado uma taxa de 78% de EAR com fosfato natural reativo (Arad) em soja. O fosfato natural reativo (GAFSA) obteve

melhores resultados quando aplicado a lanço, sendo sete vezes maior esse aproveitamento pelo milho. Apesar da aplicação localizada de STP ser superior tanto para o milho quanto pela soja, a aplicação da mistura, tanto de STP localizada + fonte natural a lanço, como a mistura compactada dessas fontes aplicada no sulco, proporcionou EAR (em relação ao STP localizado) para a matéria seca da parte aérea em soja de 97 e 98%, respectivamente (FRANZINI et al., 2009). Para o melão, os fosfatos naturais reativos apresentam o equivalente a SPT acima de 72% (SILVA et al., 2009), alcançando até 95% de EAR [em relação ao superfosfato simples (SSP)] em arroz (NAKAYAMA et al., 1998) e, em alguns casos, equiparando-se ao STP com cultivo do milho (KORNDÖRFER et al., 1999).

O tratamento térmico realizado na produção do termofosfato e a adição de frações de Si e Mg para termofosfatos magnésianos, ambos são realizados com objetivo de tornar estas fontes mais solúveis e mais eficientes ao disponibilizar P para as plantas (VITTI et al., 2004). Essa eficiência é demonstrada em trabalhos usando termofosfato Yoorin, com resultados equivalentes ao SPT e o fosfato natural reativo (Arad) na produção de grãos de milho (KLIEMANN E LIMA, 2001; RESENDE et al., 2006). No entanto, com a aplicação de 480 kg ha⁻¹ de termofosfato em cana-de-açúcar, elevaram-se os valores de pH (de 5,4 para 5,7), a saturação de bases (de 71 para 80%) e os teores de Si (17 para 117 mg dm⁻³) e Ca e Mg no solo (2,64 e 1,21 para 3,25 e 1,6 cmol_c dm⁻³, respectivamente), porém não se obteve eficiência na produtividade das cultivares estudadas (KORNDÖRFER et al., 2000).

Mediante a conjuntura mundial, vêm utilizando-se medidas sustentáveis de produção como a ciclagem, otimizando o uso de recursos, a utilização consciente de produtos químicos e principalmente de recursos não renováveis (NORTON, 2007), como é o caso das jazidas de fosfatos (VITTI et al., 2004). Neste sentido, tem-se estudado diversas fontes orgânicas de nutrientes como fertilizantes, sendo que muitos destes são ainda resíduos de outras cadeias produtivas, como a vinhaça, tortas, compostagens, esterco suínos e bovinos.

A aplicação de resíduos orgânicos, além de fornecer nutrientes (FIOREZE E CERETTA, 2006), resulta em incremento de matéria orgânica do solo, que por sua vez altera alguns atributos físicos, como a formação e estabilização de agregados no solo (CANELLAS et al., 2003). A estruturação de agregados ocorre pela complexação da matéria orgânica do solo (MOS) com o complexo de cargas presentes na fase sólida mineral do solo e, em consequência do efeito sobre os agregados. Outras características físicas são alteradas, como a porosidade, aeração, infiltração e retenção de água (BRONICK E LAL, 2005). Já a estabilidade dos

agregados do solo é conferida pelas ligações químicas que se formam entre os compostos da MOS e as partículas minerais do solo e, também, pela união de microagregados formados pelas hifas de fungos presentes na microbiota (fração da MOS), formando na sequência os macroagregados (BAYER E MIELNICZUK, 2008).

A cama de frango pode ser descrita como uma mistura de excrementos das aves, restos de alimentos, penas e substratos, sendo os substratos utilizados na cama (raspas de madeira, palha de arroz, e cascas de café) (GOMIDE et al., 1989), com composição química variável com o tempo de uso, substrato utilizado, período e forma de compostagem (CABRERA E CHIANG, 1994). A cama de frango possui aproximadamente de 2,6 a 3,0% de N, entre 3,9 a 4,5% de P, entre 1,0 a 3,0% de K (GIANELLO E ERNANI, 1983; MIELE E MILAN, 1983; ERNANI, 1984), entre 4,0 a 4,5% de Ca, entre 0,8 a 1,0% de Mg e, 2,0 e 3,0 mg dm⁻³ de Cu e Zn, respectivamente (CQFS, 2004). Foi verificada correlação positiva entre os teores de P extraídos do solo e o aumento da dose aplicada de cama de frango (GIANELLO E ERNANI, 1983). Da mesma forma, em trabalhos com milho, constatou-se aumento nos teores de P do solo com a aplicação de cama de frango, em que, ao considerar-se a diferença do P presente antes e após o experimento, foi obtido incremento de 70% deste nutriente no solo com aplicação de 21 t ha⁻¹, de forma a proporcionar a maior taxa de crescimento de milho (SILVA et al., 2011). Esse aumento nos teores de P disponível promovido pela aplicação da cama de frango deve-se à adição de P (presente na cama de frango), pela formação de complexos humofosfatos mais assimiláveis e pelo revestimento dos oxihidróxidos de Fe e Al presentes na fração sólida do solo pelo húmus, evitando a adsorção do P solúvel (KIEHL, 1985).

Tem sido observado que a utilização de cama de frango proporciona elevação no pH do solo. Moore Junior e Edwards (2005), trabalhando com cama de frango, verificaram aumentos no pH H₂O de 5,1 para 5,3 no início do trabalho e de 5,8 para 6,5 ao fim da pesquisa. Neste mesmo trabalho, verificaram que com a aplicação da cama de frango reduziu-se a concentração do Al trocável (tóxico) quando comparado com o tratamento controle.

A aplicação de cama de frango no solo, além de fornecer nutrientes e MO ao solo, altera alguns atributos físicos do solo, como o equilíbrio da aeração, que por sua vez favorece a retenção de água, estabiliza os agregados reduzindo a erosão e melhora as condições para o desenvolvimento da microbiota do solo, pois fornece nutrientes e energia para estes organismos (BLUM et al., 2003). Valadão et al. (2011) verificaram que a estabilidade dos agregados foi semelhante na camada de 0-10 cm de profundidade do solo, porém em torno de 5% na camada de 10-20

cm e 3,6% maior na média das camadas do perfil do solo avaliado quando aplicado cama de frango compostada (curtida) em comparação com adubação mineral em um Latossolo Vermelho-Amarelo sob cultivo de soja/milho e algodão/milheto. No mesmo trabalho, com o cultivo utilizando cama de frango compostada em relação a adubação mineral, foi verificado o aumento no diâmetro médio geométrico dos agregados (30%), aumento dos macroporos (55%) e redução dos microporos (16,6%).

Adubos fosfatados

As fontes de fósforo podem ser divididas, basicamente, em três grandes grupos: fosfatos naturais (FNs), as fontes industrializadas de maior solubilidade (nas quais se incluem os fosfatos totalmente acidulados e os termofosfatos) e, por fim, as fontes orgânicas (NOVAIS E SMYTH, 1999). Os fosfatos naturais, por sua vez, podem ser classificados quanto à origem: sedimentares, quando oriundos de depósitos de resíduos orgânicos acumulados, como ossadas, esqueletos de animais marinhos; ígneos, quando originados por magma solidificado após erupções; e, os metamórficos, que podem ser o resultado dos dois processos de formação, embora apresentando alguma alteração química (HOROWITZ, 1998).

As rochas fosfáticas, oriundas das jazidas, são classificadas em função de seu arranjo mineralógico, dividindo-se assim, em fosfatos de ferro-alumínio, fosfatos de cálcio-ferro-alumínio e fosfatos de Ca (HOROWITZ E MEURER, 2004). Os fosfatos naturais comercializados são os fosfatos de Ca, que pertencem ao grupo das apatitas, que podem ou não passar por processos de concentração, como lavagem ou flotação (MCCLELLAN E HIGNETT, 1978), não trazendo alterações químicas em sua composição (RAIJ, 2011).

Os fosfatos naturais reativos diferem-se dos fosfatos naturais por apresentarem maior reatividade no solo, alcançando elevada eficiência agrônômica em alguns casos. De acordo com RAIJ (2011), os primeiros são produzidos pelo beneficiamento através do processo de homogeneização hidropneumática ou flotação, após a extração natural da rocha, enquanto que os segundos são produzidos unicamente através da moagem de fosforita. Porém, a eficiência destes fosfatos varia em função da origem, granulometria ou tamanho das partículas, propriedades do solo, manejo da aplicação, preparo do solo e espécie vegetal cultivada (HOROWITZ E MEURER, 2004; RAIJ, 2011), mas está diretamente ligada a capacidade de substituição isomórfica do P por outros íons (HOROWITZ E MEURER, 2004).

Os fosfatos naturais de origem ígnea e metamórficos são pouco reativos e apresentam estrutura cristalina compacta, com pequena superfície específica, ao passo que os de origem sedimentares

apresentam estrutura microcristalina com grande superfície específica (NOVAIS et al., 2007). O tamanho das partículas influencia diretamente na área superficial específica do mineral e, quanto menor as partículas, maior a área superficial, aumentando assim a eficiência do fertilizante, dada então a necessidade da moagem do mineral (HOROWITZ E MEURER, 2003). Já a interferência na eficiência dos fosfatos naturais pelo solo se dá principalmente em função do pH, concentrações de Ca e P, além de outros, como a CTC, teor e tipo da argila presente, poder tampão de H^+ , e teores de matéria orgânica e umidade (HOROWITZ E MEURER, 2004).

A redução do pH do solo fornece prótons (H^+) que facilitam a ruptura das estruturas da apatita, liberando o P. Os teores de Ca e P na solução do solo afetam a dissolução dos fosfatos naturais, pois como estes nutrientes são constituintes deste mineral, a menor presença destes no solo favorece a reação, a favor da dissolução, liberando-os na solução (HOROWITZ E MEURER, 2004). Assim, o maior dreno pelo solo de Ca e P é fator importante na dissolução dos fosfatos naturais (BOLAN et al., 1997). O teor de Ca é o que mais influencia na dissolução dos fosfatos naturais, porém, não tem recebido a devida atenção (ROBINSON E SYERS, 1991; ROBINSON et al., 1994). Esse fato foi evidenciado por Robinson et al. (1992), verificando aumento da dissolução dos fosfatos na ordem de 44 a 120%, com o aumento de duas vezes mais somente no dreno-Ca, ou seja, quanto menor o teor de Ca no solo, maior será a capacidade deste solo na dissolução das moléculas de apatita presente nos fosfatos naturais.

A maior eficiência dos fosfatos naturais ocorre em solos ácidos, devido à dissolução ser favorecida nestas condições. Porém, o aproveitamento do P proveniente destas fontes pelas plantas é influenciado pelo pH do solo (RAJAN et al., 1996), que neste caso, é desfavorável na presença de acidez, devido à baixa CTC, altas saturações por Al (m) e baixas concentrações de micronutrientes (MALAVOLTA, 2004). Porém, em casos de acidez elevada, não se pode descartar a hipótese de que o Al presente na solução do solo restrinja a solubilização dos fosfatos naturais pelo recobrimento das partículas de apatita pelo Al (COUTO E NOVAIS, 1986). Não menos importante, tem-se também em condições de acidez o alto grau de adsorção específica do P, em que o dreno-solo se sobressai ao dreno-planta de P, reduzindo sua disponibilidade na solução do solo (NOVAIS E SMYTH, 1999).

Assim, no caso dos fosfatos naturais, sugere-se que a acidificação da rizosfera seja um fator de distinta importância, já que favorece a dissolução das moléculas de apatita nesta região sem apresentar os efeitos negativos causados pela acidez do solo. Em solos com pH (H_2O) igual a 6,0, o pH da rizosfera pode alcançar valores próximos a 4,5. Portanto, não

se pode generalizar em suspender a utilização dos fosfatos naturais em solos com pH superior a 5,5 (GILLESPIE E POPE, 1990).

Novais et al. (1985) observaram que o fosfato natural de Araxá com o maior número de revolvimento do solo (4 revolvimentos, aos 15, 30, 60 e 75 dias após incubação do fertilizante) proporcionou maior eficiência na solubilização do fosfato. Isso se deve ao fato de que o revolvimento aumenta a probabilidade das partículas de apatita encontrarem um local no solo onde ainda não está saturado ou com elevadas concentrações dos produtos da dissolução (Ca e P). Porém, em solos com alto fator capacidade de P (FCP), como os solos muito argilosos (>60% de argila), deve ser melhor discutido o modo de aplicação dos fosfatos naturais, pois quando incorporados, admite-se um aumento do contato do fosfato com o solo, o que pode nestes casos reduzir a disponibilidade de P para as plantas, dada a passagem rápida de P lábil para P não-lábil nesses solos (NOVAIS E SMYTH, 1999).

Mesmo nas situações descritas acima, os fosfatos naturais são menos afetados pelo tempo de contato com o solo, quando comparados às fontes solúveis. Com o passar do tempo, embora estes adubos apresentem a formação de produtos de menor disponibilidade de P às plantas, esse processo ainda é bem menor do que com fontes solúveis, principalmente em solos argilosos ou mais intemperizados (NOVAIS et al., 1980; RAJAN et al., 1996).

A dissolução lenta dos fosfatos naturais, comparados a fontes solúveis, proporciona menores concentrações de P na solução, a curto prazo de sua aplicação. No entanto, nessas condições ocorre a otimização na adsorção pela planta do P aplicado com o passar do tempo, de forma a saturar e reduzir o dreno-solo de P (NOVAIS E SMYTH, 1999).

Eficiência dos fertilizantes fosfatados para culturas de interesse comercial

A cultura do trigo demanda aproximadamente 15,0 kg de P_2O_5 para a produção de 1,0 t ha^{-1} de grãos de trigo. Por isso, encontram-se trabalhos e manuais de adubações que recomendam 15,0 kg ha^{-1} de P_2O_5 a mais para cada tonelada de grão almejada acima de 2,0 t ha^{-1} de produtividade, somada à dose recomendada para correção ou manutenção (quando necessária) (CQFS, 2004). A demanda de P para o desenvolvimento da planta de trigo é cerca de 7,0 kg de P por tonelada de grãos e a remoção (pelos grãos) varia de 3,0 a 5,0 kg de P por tonelada (WIETHÖLTER, 2004).

Baseando-se nisso e na capacidade de retenção do P que a maioria dos solos tropicais brasileiros possuem, existem tabelas de interpretação de P pelo extrator Mehlich-1 que consideram o teor de argila no solo. Isto se deve ao fato deste elemento

sofrer a “adsorção específica” no solo e este processo estar diretamente relacionado com a argila. Portanto, recomenda-se utilizar os teores de argila, ou mesmo o teor de P remanescente conjugados com os teores de P extraídos pelo método de Mehlich-1, visando simular a capacidade tampão do solo.

Os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul e a Região do Cerrado levam em consideração os teores de argila no solo, sendo que em Minas Gerais utilizam-se os teores de P remanescente, para a interpretação do P extraído pelo método Mehlich-1. No entanto, no Estado do Paraná a interpretação de P específica para trigo é independente do teor de argila. Isso se deve em parte porque aparentemente a maioria dos experimentos foi conduzida em solos argilosos (WIETHÖLTER, 2004).

Existem trabalhos demonstrando que a soja é uma espécie que possui habilidade em aproveitar o efeito residual das fertilizações anteriores, com capacidade de atingir altas produtividades em condições de baixa ou nenhuma adubação fosfatada, desde que a disponibilidade de P no solo esteja em níveis acima dos considerados críticos para aquele determinado solo (LANTMANN et al., 1996). Por exemplo, para solos com teores de argila entre 41 e 60%, o nível crítico de P é 9,0 mg kg⁻¹, ou seja, abaixo dessas concentrações de P na solução de solo, o mesmo é considerado de nível médio, baixo ou muito baixo (CQFS, 2004).

Baseando-se nestes trabalhos, é difundido o conceito de que a soja necessita de 15,0 kg ha⁻¹ de P₂O₅ para cada tonelada de soja (grão) esperada acima de 2000 kg ha⁻¹, quando os níveis de P no solo estão acima dos considerados adequados para aquele determinado solo, variando este em função da concentração de argila presente no solo (CQFS, 2004). O mesmo é baseado no trabalho realizado com várias fontes, no qual se verificou que a soja adsorve em torno de 7,0 kg ha⁻¹ de P ou 15,0 kg ha⁻¹ de P₂O₅ para cada tonelada de grão produzida (MALAVOLTA, 1978). Porém, a demanda da soja por P é de 8,4 kg ha⁻¹ para cada tonelada de grão produzida (MALAVOLTA, 1980). No entanto, a soja necessita de uma quantidade cada vez maior de P por tonelada de grão a ser produzida, quanto maior for a produtividade almejada. Quando a produtividade da soja estava na faixa de 1000 kg ha⁻¹, a soja apresentou uma demanda de 15,5 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e, atingindo uma produtividade quatro vezes maior (4080,0 kg ha⁻¹) foi exigido 107,4 kg ha⁻¹ de P₂O₅, quase sete vezes mais (HANSON, 1981). A soja exporta no total 83 g de P por kg de matéria seca total (grãos e restos culturais), sendo exportado aproximadamente 61% desse P adsorvido (EMBRAPA, 2006). Em trabalho mais recente, Oliveira Junior et al. (2010) demonstraram que a soja apresenta exportação média de 7,3 kg de

P₂O₅ por tonelada de grãos ou, próxima de 3,25 kg de P por tonelada de grãos.

Outro fator importante é que a soja pode apresentar rendimentos acima de 3000 kg ha⁻¹ em condição de disponibilidade de P considerada suficiente para esta espécie, menor para outras, como o trigo e o milho (LANTMANN E CASTRO, 2004). A soja em sucessão com milho obteve a máxima produtividade (3180 kg ha⁻¹) quando o teor de P no solo era de 9,3 mg dm⁻³, já o trigo e o milho atingiram a máxima produtividade (3240 kg ha⁻¹ e 6180 kg ha⁻¹, respectivamente) quando o teor de P no solo atingiu 17,8 mg dm⁻³ (LANTMANN et al., 2000). A soja produziu mais (28%) quando em sucessão com tremoço com relação ao trigo e com maiores teores de P (Mehlich-1) em subsuperfície do solo (11,0 mg dm⁻³ na camada de 10-15 cm e 5,3 mg dm⁻³ em 15-20 cm), evidenciado pela incorporação e deslocamento do P à camadas mais profundas com o preparo convencional (GAUDENCIO, 2000), obtendo-se aumento de até 3% na produtividade da soja, quando comparado com sucessão de trigo e somente um cultivo sob preparo convencional, resultando em acúmulo deste nutriente na superfície do solo (GAUDENCIO, 2000).

O tempo de uso do solo com adubação fosfatada é um dos fatores determinantes na disponibilidade de P para a soja. Sendo assim, o histórico da área a ser cultivada é muito importante para predizer as chances de resposta da soja à adubação fosfatada, ou seja, a evolução ou regressão da disponibilidade de P no solo está diretamente ligada ao manejo da adubação fosfatada (LANTMANN E CASTRO, 2004). O aproveitamento pelas plantas do P aplicado como fertilizante depende de vários fatores. Assim, para a adequada escolha da fonte a ser utilizada é necessário estabelecer a real disponibilidade de P no solo, seu pH, poder tamponante do solo com relação ao nutriente e a representatividade da fração argila. Para a obtenção de maior eficiência da aplicação de fertilizante, necessita-se saber a concentração do Al. Também é relevante conhecer o histórico de cultivo, rotação de culturas, sucessão, quais, histórico recente de fertilizações, fontes utilizadas, o modo de preparo do solo e o tempo de consolidação em áreas de preparo com mínima mobilização (SSD).

Considerações finais

Os fertilizantes fosfatados têm como finalidade disponibilizar fósforo para o desenvolvimento das plantas. Entretanto, entre as fontes de fósforo, os adubos minerais tem sido os mais utilizados em função da alta solubilidade e pela rápida capacidade de fornecimento do nutriente em solução, o que garante a produtividade da lavoura cultivada. No entanto, estes fertilizantes apresentam como principal problema a fixação específica aos óxidos de ferro, principalmente em solos de textura argilosa. Assim,

vem sendo utilizados como opção os fertilizantes fosfatados naturais, ou seja, os adubos que não sofreram o processo de acidulação. Como vantagem estes adubos são capazes de disponibilizar fósforo gradualmente, o que aumenta o efeito residual no solo. No entanto, apresentam problemas relacionados com a baixa reatividade principalmente em solos com pH alto (>5,5), uma vez que a acidez do solo facilita a solubilização dos fosfatos naturais no solo. Os termofosfatos são fertilizantes naturais termicamente tratados, que apresentam como vantagem a maior reatividade que os fosfatos naturais e maior efeito residual que os fertilizantes solúveis, de forma que podem ser considerados atualmente como os fertilizantes fosfatados minerais mais promissores para otimizar o rendimento das culturas. No entanto, além dos problemas relacionados à fixação específica, os fertilizantes minerais apresentam elevado custo. Assim, como alternativa tem sido utilizados resíduos fertilizantes fosfatados orgânicos, provenientes de restos culturas, esterco animais e resíduos agroindustriais. Além do fósforo, apresenta outros nutrientes (N, K, Ca, Mg, S e micronutrientes) em sua composição, o que torna a fertilização orgânica mais completa que a mineral. Além disso, apresentam menor custo e maior efeito residual, o que certamente deve ser levado em consideração quando se busca sustentabilidade do solo e redução dos custos necessários para o cultivo do solo em lavouras comerciais.

Referências

- ADELI, A.; SISTANI, K.R.; ROWE, D.E.; TEWOLDE, H. Effects of broiler litter on soybean production and soil nitrogen and phosphorus concentrations. **Agronomy Journal**, Madison, v.97, n.1, 314-321, 2005.
- ANGHINONI, I. Uso de fósforo pelo milho afetado pela fração de solo fertilizada com fosfato solúvel. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa. v.16, n.3, p.349-353, 1992.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Fundamentos da matéria orgânica do solo. In: SANTOS, G.A.; SILVA, L.S.; CANELLAS, L.P.; CAMARGO, F.A.O. (Ed.). **Ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2.ed., Porto Alegre: Editora Metrópole. 2008. p.7-18.
- BISSANI, C.A.; CAMARGO, F.A.O.; GIANELLO, C.; TEDESCO, M.J. **Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas**. 2.ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. 344p.
- BLUM, L.E.B.; AMARANTE, C.V.T.; GÜTTLER, G.; MACEDO, A.F.; KOTHE, D.M.; SIMMLER, A.O.; PRADO, G.; GUIMARÃES, L.S. Produção de moranga e pepino em solo com incorporação de cama aviária e casca de pinus. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.21, n.4, p.627-631, 2003.
- BOLAN, N.S.; ELLIOTT, J.; GREGG, P.E.H.; WEIL, S. Enhanced dissolution of phosphate rocks in the rhizosphere. **Biology and Fertility of Soils**, Palmerston North, v.24, p.169-174, 1997.
- BRONICK, C.J.; LAL, R. Soil structure and management: a review. **Geoderma**. Amsterdam, v.124, n.1/2, p.3-22, 2005.
- CABRERA, M.L.; CHIANG, S.C. Water content effect on denitrification and ammonia volatilization in poultry litter. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.58, n.3, p.811-816, 1994.
- CANELLAS, L.P.; VELLOSO, A.C.X.; MARCIANO, C.R.; RAMALHO, J.F.G.P.; RUMJANEK, V.M.; REZENDE, C.E.; SANTOS, G.A. Propriedades químicas de um Cambissolo cultivado com cana-de-açúcar, com preservação do palhico e adição de vinhaça por longo tempo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.5, p.935-944, 2003.
- COUTO, C.; NOVAIS, R.F. Efeito do alumínio em soluções tamponadas a diferentes valores de pH sobre a solubilização da apatita-de-Araxá. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, Viçosa, v.10, p.7-10, 1986.
- CQFS RS/SC - COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO. **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Núcleo Regional Sul, 2004. 400p.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Tecnologias de produção de soja – Paraná – 2007**. Londrina: Embrapa Soja, 2006, 217p.
- ERNANI, P.R. Necessidade da adição de nitrogênio para o milho em solo fertilizado com esterco de suínos, cama de aves e adubos minerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.8, n.3, p.313-317, 1984.
- FIOREZE, C.; CERETTA, C. A. Fontes orgânicas de nutrientes em sistemas de produção de batata. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.6, p.1788-1793, 2006.
- FRANZINI, V.I.; MURAOKA, T.; CORASPE-LEÓN, H.M.; MENDES, F.L. Eficiência de fosfato natural reativo aplicado em misturas com superfosfato triplo em milho e soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, n.9, p.1092-1099, 2009.

- GAUDENCIO, C.A. Rotação de culturas com soja para a recuperação biológica de latossolos roxos distróficos no norte do Paraná. In: EMBRAPA SOJA (Ed.). **Resultados de pesquisa da EMBRAPA-Soja-2000**. Londrina: EMBRAPA. 2000. p.186-191. (Embrapa Soja, Documentos, 156)
- GIANELLO, C.; ERNANI, P.R. Rendimento de matéria seca de milho e alterações na composição química do solo pela incorporação de quantidades crescentes de cama de frango, em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.7, n.3, p.285-290, 1983.
- GILLESPIE, A.R.; POPE, P.E. Rhizosphere acidification increases phosphorus recovery of Black Locust: I. Induced acidification and soil response. **Soil Science Society of America**, Madison, v.54, p.533-537, 1990.
- GOMIDE, C.A.; SILVA, R.D.M.; ZANETTI, M.A. Estudo da composição química bromatológica e das frações nitrogenadas e fibrosas de diferentes esterco de aves I – “cama de frango”. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**. Viçosa, v.18, n.2, p.135-139, 1989.
- HANSON, R.G. DRIS Evaluation of N, P, k status of determinant soybeans in Brazil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.12, n.9, p.933-948, 1981.
- HOROWITZ, N.; MEURER, E.J. Eficiência agrônômica de fosfatos naturais. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S.R.S. (Eds.) **Fósforo na Agricultura Brasileira**. Piracicaba: Potafos. 2004. p.665-687.
- HOROWITZ, N.; MEURER, E.J. Eficiência de dois fosfatos naturais farelados em função do tamanho das partículas. **Ciência Rural**, Santa Maria. v.33, n.1, p.41-47, 2003.
- HOROWITZ, N. **Eficiência de dois fosfatos naturais afetada pelo tamanho da partícula**. 1998, 68p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998.
- KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. São Paulo: Agrônômica Ceres, 1985. 492p.
- KLIEMANN, H.J.; LIMA, D.V. Eficiência agrônômica de fosfatos naturais e sua influência no fósforo disponível em dois solos de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.31, n.2, p.111-119, 2001.
- KORNDÖRFER, G.H.; COLOMBO, C.A.; LEONE, P.L.C. Eficiência agrônômica de fosfatos naturais na cultura do milho. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.56, n.2, p.391-396, 1999.
- KORNDÖRFER, G.H.; PEREIRA, H.S.; CAMARGO, M.S. **Silicatos de Cálcio e Magnésio na agricultura**. 3. ed. Uberlândia: GPSi/ICIAG/UFU, 2004. 23p. (Boletim Técnico, 1).
- Korndörfer, G.H.; Beneditini M.; Paula F.B.; Chagas, R.C.S. Cimento como fonte de silício para a cana-de-açúcar. **Stab**, Piracicaba, v.19, p.30-33, 2000.
- LANTMANN, A.F.; CASTRO, C. Resposta da soja à adubação fosfatada. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. (Ed.) **Fósforo na Agricultura Brasileira**. Piracicaba: Potafós. 2004. p.223-241.
- LANTMANN, A.F.; CASTRO, C. SFREDO, G.J.; BORKERT, C.M. Produtividade e análise de alternativas para nutrição da soja em Latossolo Roxo distrófico sob semeadura direta. In: EMBRAPA (Ed.). **Resultados de pesquisa da Embrapa Soja-2000**. Londrina: EMBRAPA. 2000. p.12-15. (Embrapa Soja, Documentos, 156).
- LANTMANN, A.F.; ROESSING, A.C; SFREDO, G.J., OLIVEIRA, M.C. **Adubação fosfatada e potássica para sucessão soja-trigo em Latossolo Roxo distrófico sob semeadura direta**. Londrina: EMBRAPA, 1996. 44p. (Embrapa Soja, Cultivar Técnica, 15)
- LOPES, A.S.; GUILHERME, L.R.G. **Uso eficiente de fertilizantes e corretivos agrícolas: aspectos agrônômicos**. 3 ed. São Paulo: ANDA, 2000.
- MALAVOLTA, E. Fósforo na planta e interação com outros elementos. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. (Ed.) **Fósforo na Agricultura Brasileira**. Piracicaba: Potafós. 2004. p.35-105.
- MALAVOLTA, E. **Nutrição mineral e adubação da soja**. Piracicaba: Ultrafértil, 1978. 40p.
- MALAVOLTA, E. O fósforo na agricultura brasileira. In: IPT (Ed.) **Tecnologia de fertilizantes fosfatados**. São Paulo: IPT. 1980. P.189-206. (Publicação Especial, 9).
- McCLELLAN, G.H.; HIGNETT, T.P. Some economic and technical factors affecting use of phosphate raw materials. In: McCLELLAN, G.H.; HOGNETT, T.P. (Ed.) **Phosphorus in the environment: its chemistry and biochemistry**. Amsterdam: Elsevier. 1978. p.49-73.
- MENEZES, J.F.S.; ALVARENGA, R.C.; ANDRADE, C.L.T.; KONZEN, E.A.; PIMENTA, F.F.

- Aproveitamento de resíduos orgânicos para a produção de grãos em sistema plantio direto e avaliação do impacto ambiental. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v.12, n.73, p.30-35, 2003.
- MIELE, A.; MILAN, P.A. Composição mineral de cama de aviário de frangos de corte e sua utilização na adubação de vinhedos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.18, n.7, p.729-733, 1983.
- MOORE JUNIOR, P.A.; EDWARDS, D.R. Long-term effects of poultry litter, alum-treated litter, and ammonium nitrate on aluminum availability in soils. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v.34, n.6, p.2104-2111, 2005.
- NAKAYAMA, L.H.I.; CACERES, N.T.; ALCARDE, J.C.; MALAVOLTA, E. Eficiência relativa de fontes de fósforo de diferentes solubilidades na cultura do arroz. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.55, n.2, p.183-190, 1998.
- NORTON, B.G. A reply to my critics. **Journal of Agricultural and Environmental Ethics**, Copenhagen, v.20, n.4, p.387-405, 2007.
- NOVAIS, R.F.; BRAGA, J.M.; MARTINS FILHO, C.A.S. Efeito do tempo de incubação do fosfato-de-araxá em solos sobre o fósforo disponível. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.4, p.153-155, 1980.
- NOVAIS, R.F.; FERREIRA, R.P.; NEVES, J.C.L.; BARROS, N.F. Adsorção de fósforo e crescimento de milho com sistema radicular parcialmente exposto à fonte de fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.20, n.7, p.749-754, 1985.
- NOVAIS, R.F.; MELLO, J.W.V. Relação solo planta. In: NOVAIS, R.F.; ALVARES, V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Ed.) **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.276-374.
- NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J. **Fósforo em Solo e Planta em Condições Tropicais**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 1999. 399 p.
- OLIVEIRA JUNIOR, A.; CASTRO, C.; KLEPKER, D.; OLIVEIRA, F.A. Soja. In: PROCHNOW, L. I.; CASARIN, V.; STIPP, S. R. (Ed.). **Boas práticas para o uso eficiente de fertilizantes**. Piracicaba: IPNI. 2010. p.1-38.
- OLIVEIRA JUNIOR, A.; PROCHNOW, L.I.; KLEPKER, D. Eficiência agrônômica de fosfato natural reativo na cultura da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.5, p.623-631, 2008.
- ORIOLO JUNIOR, V. **Avaliação da eficiência do termofosfato magnesiano potássico para o capim-marandu**. 2008. 36p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2008.
- PROCHNOW, L.I.; ALCARDE, J.C.; CHIEN, S.H. Eficiência agrônômica dos fosfatos totalmente acidulados. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. (Ed.). **Fósforo na Agricultura Brasileira**. Piracicaba: Potafós. 2004. p.605-663.
- QUEIROZ, A.A. **Reação de fontes de silício em quatro solos do cerrado**. 2003. 39p. Monografia (Graduação em agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2003.
- RAIJ, B.van. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo: Agrônômica Ceres, 1991. 343p.
- RAIJ, B.van. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011. 420p.
- RAJAN, S.S.S.; WATKINSON, J.H.; SINCLAIR, A.G. Phosphate rocks for direct application to soils. **Advances in Agronomy**, Nova York, v.57, p.77-159, 1996.
- RESENDE, V.A.; FURTINI NETO, A.E.; ALVES, V.M.C.; MUNIZ, J.A.; CURTI, N.; FAQUIN, V.; KIMPARA, D.I.; SANTOS, J.Z.L.; CARNEIRO, L.F. Fontes e modos de aplicação de fósforo para o milho em solo cultivado da região do cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.30, p.453-466, 2006.
- ROBINSON, J.S.; SYERS, J.K.; BOLAN, N.S. A simple conceptual model for predicting the dissolution of phosphate rock in soil. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Londres, v.64, n.4, p.397-403, 1994.
- ROBINSON, J.S.; SYERS, J.K.; BOLAN, N.S. Importance of proton supply and calcium-sink size in the dissolution of phosphate rock materials of different reactivity in soil. **Journal Soil Science**, Palmerston North, v.43, n.3, p.447-459, 1992.
- ROBINSON, J.S.; SYERS, J.K. Effects of solution calcium concentration and calcium sink size on the dissolution of Gafsa phosphate rock in soils. **Journal Soil Science**, Palmerston North, v.42, n.3, p.389-397, 1991.

SANTOS, J.Z.L. **Adubação fosfatada, frações de fósforo e resposta do feijoeiro, em latossolos de cerrado, com diferentes textura, mineralogia e histórico de uso.** 2008. 87 p. Tese (doutorado em Ciência do solo) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

SILVA, D.J.; FARIA, C.M.B.; PINTO, J.M; COSTA, N.D.; GAVA, C.A.T.; DIAS, R.C.S.; GOMES, T.C.A.; ARAÚJO, J.L.P. Cultivo de melão orgânico: fosfatos naturais como fontes alternativas de fósforo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.31, n.2, p.559-566, 2009.

SILVA, T.R.; MENEZES, J.F.S.; SIMON, G.A.; ASSIS, R.L.; SANTOS, C.J.L.; GOMES, G.V. Cultivo do milho e disponibilidade de P sob adubação com cama-de-frango. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.9, p.903-910, 2011.

SISTANI, K.R; BRINK, G.E.; ADELI, A.; TEWOLDE, H.; ROWE, D.E. Year-round soil nutrient dynamics from broiler litter application to three bermudagrass cultivars. **Agronomy Journal**, Madison, v.96, n.2, 525-530, 2004.

VALADÃO, F.C.A.; MAAS, K.D.B.; WEBWE, O.L.S.; VALADÃO JUNIOR, D.D.; SILVA, T.J. Variação nos atributos do solo em sistemas de manejo com adição de cama de frango. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.35, n.6, p.2073-2082, 2011.

VAN VUUREN, D.P.; BOUWMAN, A.F.; BEUSEN, A.H.W. Phosphorus demand for the 1970–2100 period: a scenario analysis of resource depletion. **Global Environmental Change**, Dordrecht, n.20, p.428–439, 2010.

VITTI, G.C.; WIT, A.; FERNANDES, B.E.P. Eficiência agrônômica dos termofosfatos e fosfatos alternativos. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. (Ed.). **Fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba: Potafós, 2004. p.689-726.

WESTEMAN, P.W.; BICUDO, J.R. Management considerations for organic waste use in agriculture. **Bioresource Technology**, New York, v.96, n.2, p.215-221, 2005.

WIETHÖLTER, S. Fósforo no solo e cultura do trigo. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. (Ed.). **Fósforo na Agricultura Brasileira**. Piracicaba: Potafós. 2004. p.457-494.