

## Adubação fosfatada após aplicação do calcário em diferentes períodos

Fábio André Huppel<sup>1\*</sup>; Augustinho Borsoi<sup>1</sup>; Paulo Ricardo Lima<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Curso de Agronomia, Centro Universitário Assis Gurgacz Cascavel, Paraná.

<sup>2</sup> Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul, Mundo Novo, MS.

<sup>1\*</sup>fabio@ampernet.com.br

**Resumo:** O fósforo é um dos nutrientes com maior capacidade de limitar a produção das plantas e, sua disponibilidade no solo pode mudar conforme acidez do meio. Além disso, misturar corretivos de acidez em adubos fosfatados pode ocasionar indisponibilidade do fósforo e o cálcio para as plantas. Desta forma, este estudo teve como objetivo quantificar a disponibilidade do fósforo na forma disponível para as plantas, através da adubação fosfatada após aplicação do calcário em diferentes períodos. O experimento foi realizado durante os meses de agosto a novembro de 2019, na área experimental da Fazenda Escola do Centro Universitário Assis Gurgacz em Cascavel – PR. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, contendo cinco tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram: T1: aplicação do adubo fosfatado 60 dias após a calagem; T2: aplicação do adubo fosfatado 40 dias após a calagem; T3: aplicação do adubo fosfatado 20 dias após a calagem; T4 aplicação do adubo fosfatado 00 dias após a calagem, e T5: aplicação do adubo fosfatado sem aplicação de calcário agrícola dolomítico. Nas condições estudadas, não houve influência do tempo de aplicação do calcário na disponibilidade de P.

**Palavras-chave:** Fósforo; Cálcio; Calagem.

## Phosphate fertilization after application of limestone in different periods

**Abstract:** Phosphorus is one of the nutrients with the highest capacity to limit plant production and its availability in the soil may change as the acidity of the medium. In addition, mixing acidity correctives in phosphate fertilizers can cause phosphorus and calcium unavailability in plants. Thus, this study aimed to quantify the availability of phosphorus in the form available to plants through phosphate fertilization after lime application at different periods. The experiment was carried out from August to November 2019, in the experimental area of the Farm School of the Assis Gurgacz University Center in Cascavel - PR. The experimental design used was randomized blocks, containing: 5 treatments and 4 repetitions. The treatments were: T1: application of phosphate fertilizer 60 days after liming; T2: application of phosphate fertilizer 40 days after liming; T3: application of phosphate fertilizer 20 days after liming; T4 application of phosphate fertilizer 00 days after liming, and T5: application of phosphate fertilizer without application of dolomitic agricultural limestone. Under the studied conditions, there was no influence of liming time on the availability of P.

**Keywords:** Phosphorus; Calcium; Liming.

## Introdução

A correta nutrição das plantas constitui-se em um fator essencial para o estabelecimento de culturas de alta produtividade. Dentre os atributos do solo, o pH, talvez seja, isoladamente, o mais relevante, no que se refere à utilização de fertilizantes. A disponibilidade de nutrientes contidos no solo, ou a ele adicionado por meio das adubações, é bastante variável em função do pH do solo (MALAVOLTA, VITTI e OLIVEIRA, 1997).

O fósforo (P) é um dos nutrientes com maior capacidade de limitar a produção das plantas devido aos seus teores naturalmente baixos e de sua elevada capacidade em interagir com os colóides da maioria dos solos brasileiro (BARROS e NOVAIS, 1996). A disponibilidade do P no solo pode mudar conforme acidez do meio. Sabe-se que esse nutriente apresenta maior disponibilidade em solos com valores de pH próximo de 7,0 (neutralidade). Solos que apresentam condições de pH ácido tendem possuir uma menor solubilidade do P e, este comportamento é mais evidente em solos ricos em ferro e alumínio. Nestes casos, a aplicação de calcário é recomendada por beneficiar a disponibilidade e a absorção do P pelas plantas (IGUE, GARGANTINI e ALCOVER, 1969; ERNANI *et al.*, 2000).

A calagem prévia em solos ácidos, além de proporcionar aumento do pH e da saturação por bases, promove a neutralização do alumínio e de grande parte do ferro e do manganês, aumentando a atividade biológica e a eficiência dos fertilizantes, resultando ainda em diminuição na capacidade de fixação via precipitação do P, favorecendo, conseqüentemente, o desenvolvimento vegetal (ERNANI *et al.*, 2000). Em relação ao P, os solos de regiões tropicais, particularmente aqueles mais intemperizados, apresentam baixos teores de P disponíveis para as plantas e exigem adequada correção da deficiência de P para se tornarem produtivos. Em razão da elevada capacidade de retenção de P desses solos, principalmente naqueles com maior capacidade tampão de P, há uma forte competição do solo com a planta pelo P aplicado como fertilizante (NOVAIS e SMYTH, 1999).

Na condição natural da rocha, o fósforo está na forma de fosfato tri cálcico, a qual as plantas não conseguem absorver (elas absorvem o P como dihidrogenofosfato -  $H_2PO_4$ ). Para aumentar a eficiência agrônômica dos fosfatos, a indústria realiza o processo de acidulação, solubilizando a rocha fosfática moída com ácido sulfúrico (rota sulfúrica de acidulação), o que resulta em superfosfato simples e sulfato de cálcio. Também pode-se atacar a rocha fosfática com ácido fosfórico, originando o superfosfato triplo. As formas de fósforo são influenciadas pelo pH da solução. Em solos ácidos, como a maioria dos solos tropicais brasileiros, o fósforo é fixado por ferro e alumínio. No outro extremo, em situações de pH

acima de 7, o fósforo torna a sofrer um processo chamado "retrogradação", no qual ele reage com cálcio (do fertilizante ou do solo) e retorna à condição de fosfato tri cálcico, tornando-se indisponível às plantas (FIORETTO, 2018).

Os mecanismos de adsorção de P nos solos são afetados, principalmente, pela competição com outros ânions e pelo pH, sendo este último, um dos fatores mais importantes neste fenômeno. O pH influenciando volume de cargas positivas, ou seja, nos grupamentos protonados da superfície e, por outro lado, indica o pKa ou a constante de dissociação dos ácidos conjugados dos ânions (CORNELL e SCHWERTMANN, 2000); como consequência, a adsorção de P deve ser máxima com baixos valores de pH.

Bar-Yosef *et al.* (1988) constataram, para caulinita, acréscimo na adsorção de P com incremento da força iônica e diminuição do pH; os valores máximos de adsorção ocorreram ao redor de  $6 \mu\text{mol g}^{-1}$  de P quando em pH 6,0. Com o acréscimo do pH, contudo, limita a presença do P na forma  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ , em relação à forma  $\text{HPO}_4^{2-}$ , essa, preferencialmente adsorvida, contrabalançando o decréscimo no potencial eletrostático do plano de adsorção. Estudando a interferência do pH do solo na adsorção e dissorção de P em um Ultisol úmido brasileiro, Sato e Comerford (2005), constataram que a adsorção de P diminuiu até 21% e 34% com o aumento do pH de 4,7 para 5,9 e 7,0, respectivamente.

Entretanto para que a correção da acidez do solo seja efetiva é recomendável que o corretivo ao solo (calcário) possa ser incorporado ao mesmo, uma vez que sua aplicação em superfície não consiga promover a satisfatória mistura do corretivo ao solo, e por se tratar de uma substância com baixa reatividade, a resposta da planta será menor. Além disso, a calagem em excesso ou mal aplicada pode ter efeito negativo na disponibilidade de micronutrientes. Para que haja boa incorporação e homogeneização com o solo, a calagem deve ser feita no preparo do solo. A época de aplicação deve ser cerca de 40 dias até dois meses de antecedência ao plantio, dependendo do poder relativo de neutralização total (PRNT) e do poder de neutralização (PN), que são as garantias do produto de alta reatividade (SANTIAGO e ROSSETTO, 2019).

Além disso, misturar corretivos de acidez em adubos fosfatados pode ocasionar indisponibilidade do fósforo e o cálcio para as plantas. Se o corretivo for altamente reativo e se for utilizado em dose excessiva, pode elevar o pH junto aos grânulos do fertilizante, levando à indisponibilização do P. Desta forma, este estudo teve como objetivo quantificar a disponibilidade do P na forma disponível para as plantas através da adubação fosfatada após aplicação do calcário em diferentes períodos.

## Material e Métodos

O experimento foi conduzido durante os meses de agosto a novembro de 2019, em ambiente protegido, não controlado, na Fazenda Escola do Centro Universitário Assis Gurgacz (FAG) em Cascavel - PR, com localização geográfica definida pelas coordenadas 24°56'31.94" de latitude Sul, 53°30'38.25" de longitude Oeste e altitude de 781 metros. O ambiente protegido constituiu-se de uma estrutura de ferro galvanizado com teto em forma de arco de 7 x 30 m e 3,5 m de pé direito. O teto é coberto com filme plástico de polietileno de baixa densidade (PEBD) e anti-UV de 150  $\mu$  de espessura. As laterais são fechadas com tela de 30 % de sombreamento de coloração branca. De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima da região é do tipo Cfa, subtropical úmido, com precipitação pluviométrica média anual de 1971 mm e temperatura média anual de 19 °C.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados (DBC), com 5 tratamentos e 4 repetições, totalizando 20 unidades experimentais. Cada unidade experimental é composta por um vaso de 13 litros, contendo solo classificado como Latossolo, textura arenosa (SANTOS *et al.*, 2018), com as seguintes características químicas: pH (em água): 5,5; CTC (T): 4,15 cmolc dm<sup>3</sup>; M.O.: 18,6 g dm<sup>3</sup>; K: 0,46 cmolc dm<sup>3</sup>; P: 58,73 mg dm<sup>3</sup>; Ca: 2,57cmolc dm<sup>3</sup>; Mg: 1,12 cmolc dm<sup>3</sup>; Al: 0,00 cmolc dm<sup>3</sup>e V%: 61,5%. Os tratamentos foram: T1 aplicação do adubo fosfatado 60 dias após a calagem; T2 aplicação do adubo fosfatado 40 dias após a calagem; T3 aplicação do adubo fosfatado 20 dias após a calagem; T4 aplicação do adubo fosfatado juntamente com o calcário agrícola dolomítico; T5 aplicação do adubo fosfatado sem a aplicação de calcário agrícola dolomítico, apresentando PRNT de 85 (% Eq. CaCO<sub>3</sub>).

A dosagem de cada tratamento foi de 12,3 gramas por vaso, que equivalente a 2 toneladas por hectare de calcário agrícola dolomítico, e, de fertilizante, foi aplicado 5 gramas por vaso, o equivalente a 0,812 toneladas por hectare. O fertilizante utilizado foi de fórmula comercial 10-15-15, com as seguintes características: 35,1 % de sulfato de amônio, 24 % de MAP, 25 % de cloreto de potássio e 15,6% de super simples amoniado.

A calagem, bem como a adubação fosfatada foi aplicada superficialmente sendo realizado uma leve incorporação manual de aproximadamente 5 centímetros, simulando a passagem de uma corrente incorporadora.

Após 90 dias do início da aplicação dos tratamentos, foram quantificadas as variáveis: teor de fósforo; teor de cálcio; pH, e V% (saturação por bases). Para obtenção das variáveis,

realizou-se a análise de solo individualmente, em cada unidade experimental. Todos os dados coletados foram submetidos à ANAVA, e as medidas quando significativas, comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância, com o auxílio do software Genes (CRUZ, 2013).

### Resultados e Discussão

Os resultados das médias obtidas, são apresentados na Tabela 1. Pode-se observar que as médias analisadas não apresentaram resultados significativos para P, pH, Ca e V%. Entende-se, que os resultados não apresentaram diferenças significativas principalmente pelo fato de que o solo usado no trabalho não apresentava pH ácido e nem básico, mas neutro. Em solos com pH neutro a calagem e a adubação pouco irão apresentar resultados, visto que uma das principais funções da calagem é de neutralizar o pH do solo e aumenta a disponibilidade de fósforo no solo.

**Tabela 1** - Médias de P, pH (em água), Ca e V% do solo em função de diferentes tempos entre a aplicação de calcário e a adubação com P.

| Tratamentos  | P (mg dm <sup>3</sup> ) | pH        | Ca (Cmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup> ) | V% (Cmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup> ) |
|--------------|-------------------------|-----------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|
| T1 – 60 dias | 122,40                  | 6,22      | 5,28                                    | 72,27                                   |
| T2 – 40 dias | 132,11                  | 6,17      | 5,13                                    | 71,30                                   |
| T3 – 20 dias | 109,35                  | 6,17      | 4,82                                    | 69,71                                   |
| T4 – 0 dias  | 111,84                  | 6,15      | 4,64                                    | 68,81                                   |
| T5 – Sem *   | 126,99                  | 6,22      | 5,19                                    | 72,05                                   |
| CV (%)       | 29,64                   | 4,96      | 24,55                                   | 11,0                                    |
| Média        | 120,54                  | 5,59      | 5,01                                    | 70,83                                   |
| Teste F      | 0,2974 ns               | 0,0586 ns | 0,1884 ns                               | 0,1505 ns                               |

Notas: ns: não-significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. CV: coeficiente de variação. \* sem aplicação de calcário pelo método Extrator de Mehlich 1.

As práticas de manejo da fertilidade do solo, como o uso da calagem e a adubação fosfatada, são muito importantes, pois ajudam a aumentar o rendimento das culturas, principalmente em solos ácidos e com déficit de fósforo. Albuquerque *et al.*, (2003), comenta que a aplicação de calcário eleva os teores de Ca e Mg, diminui ou elimina o Al trocável e aumenta as cargas negativas nesses solos, consequentemente aumentando a disponibilidade de nutrientes, entre os quais o P. A utilização deste nutriente pelas plantas são regidas por vários fatores, entre eles à própria planta e o tipo de fosfato empregado (SOUSA *et al.*, 2003). Porém

a solubilidade do fertilizante e a consequente disponibilidade de P são bastante influenciadas pelo pH do solo e pela composição da fonte, segundo Horowitz e Meurer (2004).

Estudos conduzidos por Stezart (1939) em solos ácidos mostraram acentuada resposta à adubação fosfatada, a qual foi marcadamente maior quando aliada a essa adubação se fez aplicação de calcário. Em solos ácidos, em que ocorre a correção, contribui para aumentar a disponibilidade de fósforo do solo, consequentemente a eficiência dos fertilizantes fosfatados. Esse aumento ocorre principalmente, porque a disponibilidade do fósforo no solo varia com índice da acidez do meio, apresentando-se com maior disponibilidade em solos com pH próximos do neutro.

Truog (1953), diz que o fósforo do solo é aumentado na forma solúvel quando sofre a ação da calagem. Explica, afirmando, que ocorre a redução da capacidade sortiva dos óxidos hidratados em relação ao fósforo orgânico, aumentando a sua solubilização e suscetibilidade à mineralização.

Poetsch (1958) afirma baseado nos dados de grande série de experimentos, que a aplicação de calcário para elevar o pH a próximo de 6,0 produziu os melhores resultados, e que houve aumento do teor de fósforo solúvel no solo quando recebeu aplicação de corretivo. Vários trabalhos que visam entender a dinâmica do P têm demonstrado a influência de diferentes práticas – como a calagem, a adição de fontes ou doses de matéria orgânica e os sistemas de cultivo – sobre as transformações das formas de P no solo (HEDLEY; STEWART e GHAN, 1982).

No que diz respeito a solos com pH altos, observa-se que a disponibilidade do fósforo torna-se menor. Segundo SANDIM (2012), solos com pH elevado e com muito  $\text{Ca}^{2+}$  trocável, natural ou advindo de uma super calagem, são favoráveis à retrogradação do fósforo dos fosfatos adicionados ao solo. O excesso de calagem pode causar a precipitação do P, sob a forma de fosfatos de cálcio insolúveis, diminuindo sua disponibilidade bem como a de outros nutrientes para as plantas (LOPES e OLIVEIRA, 2013).

Tendo em vista os resultados obtidos e os estudos citados, pode-se destacar a importância do uso eficiente de fertilizantes e da calagem, que além de proporcionar maior produtividade, pode reduzir os custos de produção, refletindo em margem positiva no final da safra plantada.

Diante dos resultados obtidos neste trabalho, podemos concluir que 2 fatores podem ter afetado o resultado do trabalho. O tempo mínimo indicado para que o processo de calagem comece a dar efeito é de no mínimo 3 meses, devido a sua baixa solubilidade, e o trabalho foi

avaliado com 3 meses de implantação, não permitindo dessa maneira que houvesse interação recomendada entre o solo e a calagem.

O outro motivo que pode ter influenciado os resultados obtidos neste trabalho, é o fato de que o solo estudado apresentou pH pouco ácido sem presença de alumínio e saturação de bases maior que 60% e neste caso, os processos de adubação e de calagem tornam-se mais difíceis de serem quantificados, ou pela neutralidade do pH ou pelo fato de poder ter ocorrido uma supercalagem, pois, o calcário foi aplicado em um solo em que não havia necessidade de aplicação. Tendo em vista o trabalho apresentado, observa-se que a adubação fosfatada e a calagem destacam-se como uma prática importante na obtenção de maiores produções, importantes para o desenvolvimento e produtividade das culturas, em virtude da necessidade do fornecimento adequado de fósforo e calcário ao solo.

### Conclusão

Nas condições estudadas, não houve influência do tempo de aplicação do calcário na disponibilidade de P. É importante salientar que para realizar essa interação, recomenda-se realizar sempre, análises de solo e seguir as recomendações técnicas para cada cultura, além de respeitar o tempo de incorporação do calcário ao solo.

### Referências Bibliográficas

- ALBUQUERQUE, J. A.; BAYER, C.; ERNANI, P. R.; MAFRA, A. L.; FONTANA, E. C. Aplicação de calcário e fósforo e estabilidade da estrutura de um solo ácido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 799 - 806, 2003.
- BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. **Eucalypt nutrition and fertilizer regimes in Brazil**. In: ATTIWILL, P. M.; ADAMS, M. A. (Eds.). *Nutrition of Eucalyptus*. Collingwood: CSIRO, 1996. p.335-355.
- BAR-YOSEF, B.; KAFKAFI, U.; ROSEMBERG, R.; SPOSITO, G. Phosphorus adsorption by kaolinite and montmorillonite: effects of time, ionic strength and pH. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 52, p. 1580-1585, 1988.
- CORNELL, R.M.; SCHWERTMANN, U. **The iron oxides: structure, properties, reactions, occurrences and uses**. 2.ed. New York: Wiley, 2000. 664p
- ERNANI PR; NASCIMENTO JAL; CAMPOSML; CAMILO RJ. Influência da combinação de fósforo e calcário no rendimento de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 537-544. 2000.
- FIORETTO, R. A. **Corneta do Agro: Os “mitos” e “verdades” sobre o fósforo e o cálcio**. 2018. Disponível em: <[https://www.agrolink.com.br/noticias/yara-esclarece-mitos-e-verdades-sobre-o-fosforo-e-o-calcio\\_403812.html](https://www.agrolink.com.br/noticias/yara-esclarece-mitos-e-verdades-sobre-o-fosforo-e-o-calcio_403812.html)>. Acesso em: 29 mar. 2019.

HEDLEY, M.J.; STEWART, J.W.B. & GHANUHAN, B.S. Changes in inorganic soil phosphorus fractions induced by cultivation practices and laboratory incubations. **Soil Science Society of America Journal**, v. 46, p. 970-976, 1982.

HOROWITZ, N.; MEURER, E. J. Eficiência agrônômica de fosfatos naturais. In: YAMADA, T.; ABDALA, S. R. S. **Fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba: Potafos, 2004. p. 665 - 682.

IGUE, K.; GARGANTINI, H.; ALCOVER, M. Efeito da calagem e da adubação fosfatada em solo ácido e de baixa fertilidade, na cultura de trigo. **Bragantina**, v. 29, n. 5, pag. 59-66. 1969.

LOPES, E.S.; OLIVEIRA, F.A. **Efeito da aplicação de calcário e de fósforo sobre algumas características produtivas do feijão – caupi** (*Vigna unguiculata* (L.) Walp). Espírito Santo do Pinhal: v. 10, n. 3, p. 188-203, maio/jun 2013.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 258p.

POETSCH, E. **Influência da calagem e da adubação fosfatada sobre algumas propriedades do solo**. Pelotas, 1958. 90p. (Tese de concurso à Cadeira de Química Agrícola)

SANDIM, A. S. **Disponibilidade de fósforo em função da aplicação de calcário e silicatos em solos oxidicos**. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências Agrônômicas. 99 fl. Botucatu, SP. 2012.

SANTIAGO, A. D.; ROSSETTO, R. **Árvore do Conhecimento: Calagem**. Disponível em: <[https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01\\_34\\_711200516717.html](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_34_711200516717.html)>. Acesso em: 29 mar. 2019.

SATO, S.; COMERFORD, N.B. Influência do pH do solo na adsorção e dissorção de fósforo num ultisol úmido brasileiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.29, n.5, p.685-694, 2005.

STEWART, A. B. Phosphatemanuring and the effect of lime. **Scottish Journal Agriculture**, v. 22, p. 1-6, 1939.

TRUOG, E. Liming in relation to availability of native and applied phosphates. In: Pierre, W. H. & Norman, A. G., ed. **Soil an fertilizer phosphorus in crop nutrition**. N. York, Academic Press, 1953. p . 281-296.