# ALTERAÇÕES NA FERTILIDADE DO SOLO APÓS ANTECIPAÇÃO DE FÓSFORO SOLÚVEL PARA AS CULTURAS DE VERÃO, EM PLANTIO DIRETO

Emerson Homenchuk (PIBIC/UEPG), Adriel Ferreira da Fonseca (Orientador), e-mail: adriel@uepg.br.

Universidade Estadual de Ponta Grossa/Departamento de Ciência do Solo e Engenharia Agrícola.

**5.01.00.00-9 Agronomia, 5.01.01.00-5 Ciência do Solo.**

**Palavras-chave:** *Zea mays* L., *Glycine max* L. Merrill., superfosfato simples, adubação de sistemas.

## Resumo

O objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos, a médio prazo, da antecipação da adubação fosfatada sobre os atributos químicos do solo, em sistema plantio direto. O experimento foi instalado, em setembro/2012, na Estância Vendramin (Tibagi-PR), em um Latossolo Vermelho Distrófico. O delineamento experimental foi em blocos completos casualizados com seis repetições e cinco tratamentos: 100%, 75%, 50%, 25% e 0% do $P_2O_5$ da dose do fertilizante fosfatado aplicado por ocasião da semeadura da cultura de outono-inverno e 0%, 25%, 50% 75% e 100% do $P_2O_5$ da dose aplicada por ocasião da semeadura da cultura de primavera-verão, respectivamente. A dose de 100% corresponde a 90 kg $ha^{-1}$ de $P_2O_5$ e 500 kg $ha^{-1}$ de superfosfato simples. Em maio/2018, foram coletadas amostras de solo, em diferentes camadas, para determinação dos atributos químicos do solo. A manutenção da fertilidade do solo e o aporte contínuo de resíduos vegetais, ao longo dos anos, favoreceram a ciclagem dos nutrientes no sistema. A antecipação afetou de modo diferenciado os teores de nutrientes no solo, sendo considerados teores médios a altos, principalmente nas camadas superficiais do solo.

## Introdução

O sistema plantio direto (SPD) é um sistema conservacionista de manejo do solo, fundamentado em práticas agronômicas como rotação de culturas e formação de palha para a cobertura do solo (Six et al., 2002). Com o tempo de adoção do SPD, desde que bem manejado, as concentrações de nutrientes disponíveis e matéria orgânica do solo aumentam.

Em regiões tropicais e subtropicais, depois de corrigida a acidez, o principal fator limitante ao rendimento das culturas tem sido os baixos teores de fósforo (P) disponível no solo (Novais & Smith, 1999). O fornecimento desse nutriente nos sistemas de produção tem sido bem estudado; todavia, há carência de estudos concernentes à antecipação da adubação fosfatada, como estratégia de adubação de sistemas. Essa prática beneficia não só a cultura de verão, mas também a cultura antecessora, promovendo formação da palhada para o SPD, favorecendo a conservação do solo, a manutenção da umidade e a ciclagem de nutrientes (Altman, 2012), através da mineralização dos resíduos orgânicos, contribuindo para a fertilidade do solo. O objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos, a médio prazo, da antecipação da adubação fosfatada sobre os atributos químicos do solo, em SPD, empregando-se agricultura de precisão.

**Materiais e Métodos**

O experimento foi instalado em setembro/2012 na Estância Vendramin, Tibagi-PR, em um Latossolo Vermelho Distrófico sob SPD consolidado. Por ocasião do experimento o solo possuía os seguintes atributos na camada de 0-20 cm: pH ($CaCl_2$) 5,1; concentrações trocáveis de cálcio (Ca), magnésio (Mg) e potássio (K) trocáveis de 2,58; 1,86 e 0,17 $cmol_c\ dm^{-3}$, respectivamente; acidez potencial ($H+Al^{+3}$) de 4,39 $cmol_c\ dm^{-3}$; saturação por bases (V) de 48,9%; concentrações de fósforo (P-resina) de 11,3 mg $dm^{-3}$, matéria orgânica (com base na determinação de carbono orgânico pelo método Walkley-Black) de 26,5 g $dm^{-3}$ e 294,1; 80,4 e 625,6 g $kg^{-1}$ de argila, silte e areia, respectivamente.

O delineamento experimental foi em blocos completos casualizados com seis repetições e cinco tratamentos: T1: 100 e 0% do $P_2O_5$ aplicado na semeadura da cultura de inverno e verão, respectivamente; T2: 75 e 25% do $P_2O_5$ aplicado na semeadura da cultura de inverno e verão, respectivamente; T3: 50 e 50% do $P_2O_5$ aplicado na semeadura da cultura de inverno e verão, respectivamente; T4: 25 e 75% do $P_2O_5$ aplicado na semeadura da cultura de inverno e verão, respectivamente; T5: 0 e 100% do $P_2O_5$ aplicado na semeadura da cultura de inverno e verão, respectivamente. A dose de 100% corresponde a 500 kg $ha^{-1}$ de fertilizante superfosfato simples e 90 kg $ha^{-1}$ de $P_2O_5$.

Aos 60 meses após instalação do experimento, foram coletadas amostras das camadas de 0-5 cm, 5-10 cm, 10-20 cm e 20-40 cm, para determinação do pH ($CaCl_2$), teores de Ca, Mg, K e alumínio (Al) trocáveis, teores de P disponível (Resina) e V, segundo Pavan et al (1992).

Os resultados foram submetidos à análise estatística univariada de acordo com o modelo de experimento em blocos casualizados. Nos casos de F significativo ($P < 0,05$) as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($\alpha=0,05$). Todas as análises estatísticas foram realizadas mediante o emprego do programa de computador SAS Versão 9.1.

**Resultados e Discussão**

Os valores de pH não foram afetados, em todas as camadas, pelos tratamentos (Tabela 1). Durante o período experimental, não foi realizada calagem, observando-se a diminuição nos valores de pH, ao longo do tempo, devido à acidificação natural do solo. A acidificação do solo é resultante, principalmente, da reação de nitrificação do amônio ($NH_4^+$) proveniente da adição de fertilizantes nitrogenados amoniacais e da mineralização da matéria orgânica do solo (MOS). Essa reação libera prótons $H^+$ na solução do solo, os quais deslocam as bases trocáveis no complexo de troca dos coloides do solo, diminuindo os valores de pH (Caires, 2010).

Com exceção da camada de 0-5 cm, todas as demais apresentaram alterações nas concentrações de Al devido aos tratamentos (Tabela 1). No processo de decomposição da MOS, ocorre a liberação de ácidos orgânicos de baixo peso molecular, os quais podem complexar o Al trocável da solução solo (Pavinato e Rosolem, 2008), diminuindo a atividade deste elemento na solução do solo, principalmente nas camadas mais superficiais do solo.

Em relação aos teores de Ca trocável, apenas na camada de 5-10 cm do solo, seus teores não foram afetados pelos tratamentos (Tabela 1). O fertilizante superfosfato simples apresenta, em sua composição, teores de Ca (19%) (Novais e Smyth, 1999), disponibilizando-o para a absorção pelas plantas. A aplicação desse fertilizante, em diferentes frações antecipadas, afetou a dinâmica desse nutriente no

solo, refletindo em variações dos seus teores ao longo do perfil do solo. Além disso, observam-se aumentos dos teores de Ca trocável ao longo do período experimental, possivelmente devido à adição do superfosfato simples em todos os anos avaliados, resultando em teores altos desse nutriente no solo, a médio prazo.

**Tabela 1** – Atributos químicos do solo submetido à antecipação da adubação fosfatada. Tibagi, maio/2018.

| Tratamento[1] | pH ($CaCl_2$) | Ca[2] | Mg[3] | K[4] | Al[5] | P[6] | V[7] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ----------$cmol_c\ dm^{-3}$---------- | | | | $mg\ dm^{-3}$ | % |
| **Camada 0-5 cm** | | | | | | | |
| T1 | 4,96 A[9] | 4,38 AB | 2,28 A | 0,40 A | 0,07 A | 53,92 A | 64,70 A |
| T2 | 4,96 A | 4,01 B | 3,34 A | 0,34 A | 0,07 A | 55, 17 A | 62,42 A |
| T3 | 4,98 A | 4,10 B | 2,76 A | 0,38 A | 0,07 A | 30,18 C | 63,90 A |
| T4 | 5,01 A | 4,96 A | 2,48 A | 0,34 A | 0,09 A | 42,72 B | 62,93 A |
| T5 | 4,89 A | 4,12 B | 2,95 A | 0,38 A | 0,07 A | 33,83 BC | 61,67 A |
| CV[8] (%) | 2,19 | 10,84 | 14,86 | 13,7 | 22,47 | 14,12 | 4,64 |
| **Camada 5-10 cm** | | | | | | | |
| Tratamento[1] | pH ($CaCl_2$) | Ca | Mg | K | Al | P | V |
| | | ----------$cmol_c\ dm^{-3}$---------- | | | | $mg\ dm^{-3}$ | % |
| T1 | 4,84 A | 3,25 A | 1,89 A | 0,30 A | 0,08 B | 26,31 AB | 44,75 A |
| T2 | 4,81 A | 2,75 A | 0,96 C | 0,23 B | 0,12 A | 25,40 B | 36,28 B |
| T3 | 4,75 A | 3,07 A | 1,25 BC | 0,25 AB | 0,09 B | 33,35 AB | 42,40 AB |
| T4 | 4,86 A | 3,17 A | 1,16 BC | 0,23 B | 0,12 A | 32,75 AB | 39,52 AB |
| T5 | 4,63 B | 2,65 A | 1,60 AB | 0,23 B | 0,12 A | 36,95 A | 40,45 AB |
| CV (%) | 2,60 | 11,68 | 22,65 | 14,63 | 16,31 | 21,49 | 9,16 |
| **Camada 10-20 cm** | | | | | | | |
| Tratamento[1] | pH ($CaCl_2$) | Ca | Mg | K | Al | P | V |
| | | ----------$cmol_c\ dm^{-3}$---------- | | | | $mg\ dm^{-3}$ | % |
| T1 | 4,47 A | 2,45 A | 0,93 A | 0,23 A | 0,13 C | 31,15 A | 30,13 A |
| T2 | 4,48 A | 1,36 B | 0,98 A | 0,14 B | 0,15 C | 21,51 BC | 22,37 B |
| T3 | 4,47 A | 1,66 AB | 1,15 A | 0,18 AB | 0,27 A | 14,59 C | 28,48 AB |
| T4 | 4,55 A | 1,59 B | 1,04 A | 0,16 B | 0,23 AB | 24,06 AB | 24,45 AB |
| T5 | 4,43 A | 1,68 AB | 0,99 A | 0,19 AB | 0,18 BC | 14,14 C | 27,28 AB |
| CV (%) | 2,85 | 7,91 | 21,54 | 19,11 | 18,32 | 25,21 | 15,11 |
| **Camada 20-40 cm** | | | | | | | |
| Tratamento[1] | pH ($CaCl_2$) | Ca | Mg | K | Al | P | V |
| | | ----------$cmol_c\ dm^{-3}$---------- | | | | $mg\ dm^{-3}$ | % |
| T1 | 4,34 A | 1,38 AB | 0,93 A | 0,13 A | 0,16 C | 6,58 A | 21,91 A |
| T2 | 4,28 A | 0,96 B | 0,94 A | 0,11 A | 0,22 BC | 8,97 A | 19,72 A |
| T3 | 4,44 A | 1,53 A | 0,85 AB | 0,10 A | 0,31 A | 8,92 A | 20,03 A |
| T4 | 4,38 A | 1,46 AB | 0,67 B | 0,14 A | 0,29 A | 7,25 A | 20,63 A |
| T5 | 4,44 A | 1,55 A | 0,80 AB | 0,13 A | 0,26 AB | 3,51 B | 21,40 A |
| CV (%) | 2,63 | 14,03 | 17,70 | 19,44 | 13,99 | 21,01 | 16,77 |

[1]T1 - 100% - 0% do $P_2O_5$ aplicado por ocasião da semeadura da cultura de outono-inverno e primavera-verão, respectivamente; T2 - 75 e 25% do $P_2O_5$ aplicado por ocasião da semeadura da cultura de outono-inverno e primavera-verão, respectivamente; T3 - 50 e 50% do $P_2O_5$ aplicado por ocasião da semeadura da cultura de outono-inverno e primavera-verão, respectivamente; T4 - 25 e 75% do $P_2O_5$ aplicado por ocasião da semeadura da cultura de outono-inverno e primavera-verão, respectivamente; T5 - 0 e 100% do $P_2O_5$ aplicado por ocasião da semeadura da cultura de outono-inverno e primavera-verão, respectivamente. [2]Ca: cálcio trocável. [3]Mg: magnésio trocável. [4]K: potássio trocável. [5]Al: alumínio trocável. [6]P: fósforo disponível (resina). [7]V: saturação por bases. [8]CV: coeficiente de variação. [9]Médias seguidas por letras maiúsculas iguais na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p<0,05$).

Na camada de 0-5 cm, os teores de Mg e K trocáveis e os valores de V não foram afetados pelos tratamentos (Tabela 1). Possivelmente, o aporte contínuo de resíduos vegetais, ao longo do período experimental favoreceu a ciclagem destes nutrientes. Já abaixo dos 5 cm de profundidade, os teores de Mg e K foram afetados pela antecipação da adubação fosfatada, de modo diferenciado em cada camada do solo, refletindo, de modo semelhante, nos valores de V (Tabela 1).

A antecipação da adubação fosfatada não afetou os teores de P disponível somente na camada de 20-40 cm do solo (Tabela 1). Devido à alta capacidade de fixação deste nutriente aos coloides minerais de solos tropicais (Novais e Smyth, 1999), a aplicação superficial de fertilizantes fosfatados solúveis tendem a reagir nas camadas mais superficiais do solo (Fontoura et al., 2010), como observado neste experimento, nas quais a antecipação afetou, de modo diferenciado, os teores deste nutriente no solo (Tabela 1). No entanto, apesar de afetados pelos tratamentos, os teores de P disponível são considerados altos, principalmente na camada superficial do solo (0-5 cm). O maior conteúdo de MOS na camada superficial do solo pode ter favorecido o P em formas mais disponíveis em solução, devido (i) à mineralização, liberando P na forma inorgânica para a solução do solo; e (ii) pela liberação de ácidos orgânicos de baixo peso molecular, os quais podem formar complexos organometálicos estáveis com Fe e Al ou ocupar os sítios de adsorção de P nos coloides do solo (Pavinato e Rosolem, 2008).

## Conclusões

A adequada fertilidade do solo por ocasião do experimento e o aporte contínuo de resíduos vegetais na superfície, ao longo dos anos, favoreceram a ciclagem dos nutrientes no sistema. Apesar da antecipação do fertilizante fosfatado ter afetado de modo diferenciado os atributos químicos do solo, os teores de nutrientes foram considerados de médios a altos, principalmente nas camadas superficiais do solo.

## Agradecimentos

Às instituições UEPG, Pioneer Sementes e Estância Vendramin.

## Referências

ALTMANN, N. Adubação de sistemas integrados de produção em plantio direto: resultados práticos no Cerrado. IPNI, Informações Agronômicas nº 140, p. 1-8, 2012.

CAIRES, E. F.. Manejo da acidez do solo. In: PROCHNOW, L. I.; CASARIN, V.; STIPP, S. R. (Org.). **Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes**. 1ed.Piracicaba: IPNI, v.1, p.277-347, 2010.

FONTOURA, S. M. V. et al. Eficiência técnica de fertilizantes fosfatados em Latossolo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p.1907-1914, 2010.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1999. 399p.

PAVAN, M. A. et al. **Manual de análise química do solo e controle de qualidade**. Londrina: Instituto Agronômico do Paraná, 1992. 38p. (Circular, 76).

PAVINATO, P. S.; ROSOLEM, C. A. Disponibilidade de nutrientes no solo - decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.911-920 2008

SIX, J.; FELLER, C.; DENEF, K.; et al. Soil organic matter, biota and aggregation in temperate and tropical soils – Effects of no-tillage. **Science**, v.22, p.755–775, 2002.