



ESTOQUES DE CARBONO, NITROGÊNIO, FÓSFORO E ENXOFRE EM SISTEMA INTEGRADO DE PRODUÇÃO SOB APLICAÇÃO FOSFATOS

Keli Cristina Silva Guera¹, Adriel Ferreira da Fonseca², Fernanda Ribeiro³

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi avaliar os estoques totais de C, N, P e S no solo em sistema integrado de produção agropecuária (SIPA), ao longo cinco anos, decorrente da aplicação anual, na superfície do solo, de fosfatos de diferentes solubilidades. O delineamento empregado foi de blocos casualizados em esquema fatorial incompleto, com quatro repetições. Foram aplicadas doses (0, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹) de P₂O₅ total, na superfície do solo, por ocasião da semeadura da forrageira de inverno, na forma de superfosfato triplo, fosfato natural reativo – Arad e termofosfato magnésiano. Amostras de solo foram coletadas aos 24, 36, 48 e 60 meses após o início do experimento, visando determinar as concentrações de: carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (NT), P e S-SO₄²⁻ disponível, e seus respectivos estoques na camada de 0-30 cm. A deposição de resíduos orgânicos no solo em SIPA resultou em ganhos anuais nos estoques de COT e NT no solo, ao longo do tempo. Foram observadas interações entre P e S-SO₄²⁻, mostrando estoque similar no solo durante os períodos de avaliação, que resultou em maior estoque de P acompanhado do aumento de S-SO₄²⁻ disponível no solo.

PALAVRAS-CHAVE: agricultura de baixo carbono, manejo de fósforo, fosfatos solúveis e insolúveis em água

INTRODUÇÃO

O sistema integrado de produção agropecuária (SIPA) resulta em relação sinérgica entre plantas e animais, trazendo benefícios ambientais e socioeconômicos. Em SIPA, a presença dos animais promove modificações bióticas e abióticas no sistema solo-planta-atmosfera, que altera o processo biogeoquímico dos nutrientes no solo, especialmente C e N (Carvalho et al., 2010; Assmann et al., 2014). Além disso, o aumento da matéria orgânica do solo, resultantes desse sistema de produção, auxilia na redução da adsorção de ânions na superfície dos colóides, como fosfatos e sulfatos.

A escolha adequada da fonte fosfatada é fator chave para a melhoria da disponibilidade de P no solo. O uso de fontes insolúveis em água aplicadas anualmente na superfície do solo na

¹Doutoranda do Programa de Pós Graduação em Agronomia, Bolsista CAPES, CPF 080664139-80, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Av. General Carlos Cavalcanti, 4748, CEP 84030-900 Ponta Grossa, PR, e-mail: keliguera@outlook.com.

²Professor Adjunto, Departamento de Ciência do Solo e Engenharia Agrícola, Bolsista Produtividade em Pesquisa do CNPq, CPF 919339949-91, Universidade Estadual de Ponta Grossa, e-mail: adrielff@gmail.com

³Graduanda do Curso de Agronomia, Bolsista do PIBIC/CNPq, CPF 080124889-22, Universidade Estadual de Ponta Grossa, e-mail: ferdaribeiro@hotmail.com

semeadura de outono-inverno, pode ser uma estratégia viável em SIPA. O objetivo deste trabalho foi avaliar os estoques totais de C, N, P e S no solo em SIPA, ao longo cinco anos, decorrente da aplicação anual, na superfície do solo, de fosfatos de diferentes solubilidades.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido durante 5 anos (abril/2009 a 2014), no município de Castro - PR (24°51'49" S, 49°56'61" W), com clima predominante do tipo Cfb, em SIPA sob Cambissolo Háptico argiloso (sendo a gibsita predominante na fração argila). A camada de 0-20 cm do solo, no início do experimento, apresentava os seguintes atributos: pH (CaCl₂) 4,8; acidez total (H+Al) 9,2 cmol_c dm⁻³; saturação por bases 38%; Al³⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ e K⁺ de 0,04; 3,1; 2,3 e 0,35 cmol_c dm⁻³, respectivamente; P disponível [resina trocadora de íons (RTI)] e S-SO₄²⁻ disponível de 18 e 12,8 mg dm⁻³, respectivamente; carbono orgânico total (Walkley-Black) e o nitrogênio total [semi-micro-Kjeldahl (NTK)]; de 29,6 e 2,0 g dm⁻³, respectivamente, e argila, silte e areia de 605, 225 e 170 g kg⁻¹, respectivamente.

O delineamento experimental foi de blocos casualizados em esquema fatorial incompleto (3x3+1), com quatro repetições. Os tratamentos consistiram em diferentes fontes (superfosfato triplo, fosfato natural reativo-Arad e termofosfato magnesiano) e doses (0, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹ de P₂O₅ total) de P. Os fosfatos foram aplicados anualmente em superfície, por ocasião da semeadura da forrageira de inverno.

No mês de abril aos 24, 36, 48 e 60 meses após o início do experimento, foram coletadas amostras compostas de terra das camadas de 0-5, 5-10, 10-15, 15-20 e 20-30 cm e, preparadas para posterior análise. As amostras foram analisadas visando determinar: (i) carbono orgânico total (COT) pelo método Walkley-Black; (ii) nitrogênio total (NT) pelo método semi-micro-Kjeldahl; (iii) P disponível pelo método de RTI e; (iv) S-SO₄²⁻ disponível pelo método turbidimétrico. Os estoques totais foram estimados para 0-30 cm com base na média ponderada das camadas de solo analisadas.

Os resultados foram submetidos à análise estatística univariada de acordo com o modelo de experimento em blocos casualizados em esquema fatorial incompleto. Nos casos de F significativo (p < 0,05), foi aplicado o teste de Tukey (α = 0,05). Todas as análises estatísticas foram realizadas mediante uso do programa SAS Versão 9.2 (SAS Institute Inc. 9.1.2.)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As fontes fosfatadas não influenciaram os estoques de COT, NT, P e S-SO₄²⁻. Houve adição anual progressiva no estoque de COT (em média, 3,9 Mg ha⁻¹ ano⁻¹), na camada de 0-30



cm do solo. Para NT, pequeno incremento anual (aproximadamente, $0,81 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) foi observado (Figura 1a). As condições solo-planta-animal-atmosfera, destacando a qualidade e quantidade de resíduos (planta + animal) em SIPA, tem proporcionado aumento dos estoques totais de C e, também de outros nutrientes tais como o N, ao longo do tempo (Carvalho et al., 2010; Assmann et al., 2014).

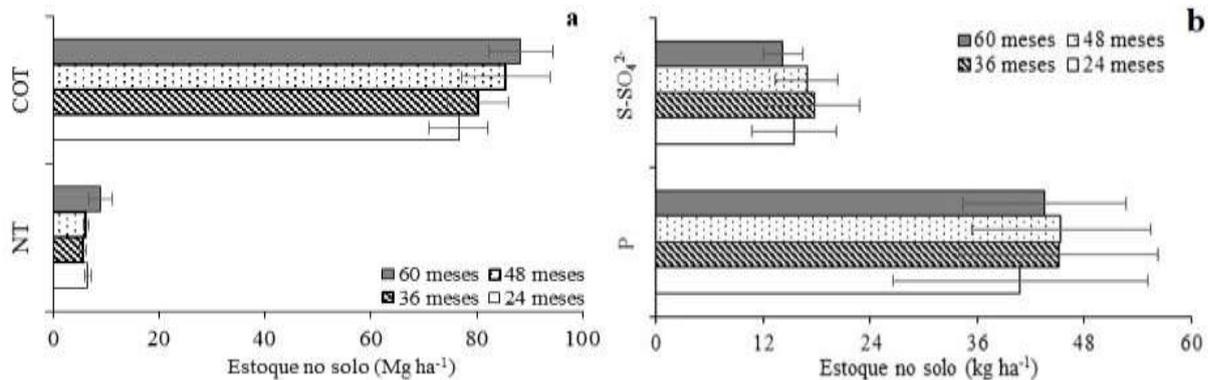


Figura 1. Médias dos estoques de a) carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total (NT) e b) sulfato (S-SO_4^{2-}) e P disponível (Resina) na camada de 0-30 cm do solo tratado com fosfatos solúveis e insolúveis em água aplicados anualmente na superfície em sistema integrado de produção agropecuária. Linhas acima das barras representam desvio padrão da média.

Os estoques de P e S-SO_4^{2-} apresentaram valores mais elevados aos 36 e 48 meses (Figura 1b). O estoque de P no solo mostrou-se superior quando da aplicação de 120 kg ha^{-1} de P_2O_5 total. Maiores estoques de S-SO_4^{2-} foram observados na ausência da aplicação de fosfatos (0 kg ha^{-1} de P_2O_5 total). Neste caso, as plantas apresentaram redução no crescimento, como resultado da ausência de P, e consequentemente, absorveram menores quantidades de nutrientes, particularmente S.

Pequenos “inputs” de C oriundos da liberação de exsudatos e renovação radicular, estimulados pelo pastejo, impulsionam a ciclagem de P e S. No entanto, a dinâmica do P, após a adição de uma fonte no solo varia consideravelmente dependendo da forma como é adicionado (resíduo orgânico e/ou fertilizante) (Bünemann & Condrón, 2007). O P, na forma de fosfato, estando presente na solução em maior quantidade pode deslocar o sulfato, devido a maior afinidade de adsorção na superfície coloides, e levar ao aumento de P na presença de S disponível no solo (Geelhoed et al., 1997).

CONCLUSÕES

O maior aporte de resíduos orgânicos no solo, em sistema integrado de produção agropecuária, resultou em ganhos anuais nos estoques de COT e NT no solo, ao longo do tempo.

Os estoques de P e S-SO₄²⁻ disponível no solo, foram similares ao longo de cinco anos de avaliação. Isso indica uma interação entre fosfato e sulfato no solo, que resultou em maior estoque de P acompanhado do aumento de S disponível no solo.

REFERÊNCIAS

- Assmann JM, Anghinoni I, Martins AP, Costa SEVG, Cecagno D, Carlos FS, Carvalho PCF. Soil carbon and nitrogen stocks and fractions in a long-term integrated crop-livestock under no-tillage in Southern Brazil. *Nutr Cycl Agroecosyst.* 2014; 190:52-59. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2013.12.003>
- Bünemann EK, Condron LM. Phosphorus and sulphur cycling in terrestrial ecosystems. In: Marschner, P, Rengel Z, editores. *Nutrient cycling in terrestrial ecosystems.* Berlim Heidelberg:Springer; 2007. p. 65-92.
- Carvalho PCF, Anghinoni I, Moraes A, Souza ED, Sulc RM, Lang CR, Flores JPC, Lopes MLT, Silva JLS, Conte O, Wesp CL, Levien R, Fontanelli RS, Bayer C. Managing grazing animals to achieve nutrient cycling and soil improvement in no-till integrated systems. *Nutr Cycl Agroecosyst.* 2010; 88:259-73. <https://doi.org/10.1007/s10705-010-9360-x>.
- Geelhoed JS, Hiemstra T, Riemsdijk WHV. Phosphate and sulfate adsorption on goethite: Single anion and competitive adsorption. *Geochim Cosmochim Ac.* 1997; 61:2389-96.