

ADUBAÇÃO FOSFATADA COM TORTA DE FILTRO, FOSFATO NATURAL E BIOFERTILIZANTES EM ULTISOL (ARGISSOLO)

GUSTAVO CAIONE^{1*}, LEÓNIDES CASTELLANOS GONZÁLEZ², RENATO DE MELLO PRADO³,
ALFREDO REYES HERNÁNDEZ⁴, LEANDRO ROSATTO MODA³,
ENRIQUE PARETS SELVA⁵, ELY NAHAS³

Recibido: 21/08/2017

Recibido con revisiones: 03/01/2018

Aceptado: 06/01/2018

RESUMO

O uso de biofertilizante combinado com composto orgânico e fontes naturais de fósforo pode resultar em maior eficiência da adubação. Objetivou-se avaliar o efeito da torta de filtro associada com fosfato natural de rocha e biofertilizantes, sobre a população de microrganismos do solo, os teores de fósforo no solo, nas plantas e a produção de matéria seca da cultura do milho. O experimento foi realizado em casa de vegetação utilizando-se milho cultivar DKB 390 VTPRO II, cultivado em vasos de 5 dm³ contendo Ultisol (Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico). Avaliaram-se sete tratamentos, sendo: controle (somente o solo); solo adicionado de fosfato de rocha (FR); torta de filtro; FR e torta de filtro; FR, torta de filtro e Biopack Sc[®]; FR, torta de filtro e Embrafós: FF organic Plus[®] e; FR, torta de filtro e Azotofos. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com três repetições. Avaliaram-se a altura de plantas, diâmetro do colmo, número de folhas por planta, massa seca das plantas, populações dos microrganismos no solo e o teor de fósforo do solo e nas plantas. Os solos com torta de filtro, fosfato natural e biofertilizantes apresentaram maior população de bactérias totais; porém, não aumentaram a massa seca, o teor de fósforo no solo e o acúmulo de fósforo na parte aérea das plantas quando comparado somente ao uso da torta de filtro e fosfato natural. A torta de filtro na adubação promoveu maior teor de fósforo no solo e acúmulo pelas plantas, maior crescimento das plantas e maior população microbiana do solo, em relação aos tratamentos com ausência de torta.

Palavras chave: Adubação organomineral, fósforo, microrganismos, *Zea mays*.

PHOSPHATE FERTILIZATION WITH FILTER CAKE, NATURAL PHOSPHATE AND BIOFERTILIZERS IN AN ULTISOL

ABSTRACT

The use of biofertilizers combined with organic compost and natural sources of phosphorus may result in increased fertilizer efficiency. The aim was to evaluate the effect of the use of the filter cake with natural rock phosphate and biofertilizers on the population of microorganisms of the soil, the content of phosphorus in soil and plants and the production of dry matter of corn crop. The experiment was developed at greenhouse, using corn DKB 390 VTPRO II cultivar, sowed in pots of 5 dm³ containing Ultisol. Seven treatments were evaluated: only the soil; soil with phosphate rock (PR); filter cake; PR with filter cake; PR with filter cake and Biopack Sc[®]; PR with filter cake and Embrafós: FF organic Plus[®] and PR with filter cake and Azotofos. The experimental design was completely randomized, with three repetitions. The height, diameter of the stem, number of leaves and dry biomass of the plants, and the populations of microorganisms were determined, the content of phosphorus in soil and plants was also determined. The soils with filter cake, natural phosphate and biofertilizers presented higher population of total bacteria; however, they did not increase the mass dries, the phosphorus concentration in the soil and accumulation of phosphorus in the aerial part of the plants when compared only to the use of filter cake and natural phosphate. The filter cake in the fertilization promoted higher phosphorus content in the soil and accumulation for the plants, higher growth of the plants and microbial population in the soil, in relation to the treatments with filter cake absence.

Key words: Organomineral fertilization, phosphorus, microorganisms, *Zea mays*.

1 Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT, Câmpus de Alta Floresta, MT, Brasil

2 Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad de Pamplona. Carretera a Bucaramanga. Norte de Santander. Colombia

3 Universidade Estadual Paulista; Câmpus de Jaboticabal, SP, Brasil.

4 Facultad Agropecuaria de Montaña del Escambray. Universidad de Sancti Spiritus, Cuba

5 Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad de Cienfuegos. Cuba

* Autor de contacto: gcaione@unemat.br

INTRODUÇÃO

O fósforo (P) é um elemento essencial ao crescimento e produção das plantas, as quais necessitam de um adequado suprimento nutricional para proporcionarem altas produtividades (Marschner, 1995). Porém, em solos tropicais, altamente intemperizados, a eficiência da adubação fosfatada é baixa, devido, principalmente a alta capacidade de adsorção de P pelo solo.

Como alternativa para aumentar a eficiência da adubação fosfatada, destaca-se o uso de um carregador orgânico, como a torta de filtro, para proteger o P da adsorção (Bittencourt *et al.*, 2006) e a utilização de microrganismos solubilizadores de fosfato (Alves *et al.*, 2002), aumentando o teor de P disponível do solo.

A adubação orgânica nas culturas em geral, não constitui prática comum no Brasil e, desta forma, demonstrações da sua importância no manejo do solo devem ser reforçadas, principalmente para os produtores que dispõem de compostos orgânicos na propriedade (Fernandes, 2006). Agroindústrias sucroalcooleiras têm como subproduto da produção a torta de filtro, um material orgânico, obtido pelo processo de clarificação do caldo da cana-de-açúcar que pode trazer efeitos benéficos nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Na sua composição elementar destaca-se o P, o nitrogênio (N), o cálcio (Ca) e o potássio (K) (Arzola e Fundora, 2008).

A torta de filtro tem sido empregada em substituição parcial a adubação fosfatada mineral, dependendo da dose de P recomendada (Santos *et al.*, 2010; Almeida Júnior *et al.*, 2011, Caione *et al.*, 2015); porém, diante do baixo teor de P dos solos tropicais (Novais *et al.*, 2007) e devido a torta não conter alto teor de P é necessário seu enriquecimento com fonte mineral deste nutriente.

A escolha da fonte de P baseia-se na eficiência em suprir o nutriente para as plantas e na relação custo/benefício da adubação (Goedert *et al.*, 1986). Estudos têm sido realizados para aumentar a disponibilidade do P no solo, porém, tornam-se importantes as pesquisas com o emprego de microrganismos e fontes alternativas de P (Mendes e Reis Júnior, 2003).

A população de microrganismos possui habilidade de mineralizar fosfatos orgânicos e solubilizar fosfatos inorgânicos, havendo estudos em diferentes sistemas de cultivo e tipos de solo no Brasil, informando um grande potencial de fungos e bactérias (Nahas *et al.*, 1994 a,b).

Diante do elevado custo de fabricação de fosfatos solúveis têm-se incentivado o uso de fontes alternativas de P (Prochnow *et al.*, 2004). Os fosfatos naturais são fertilizantes que apresentam baixa disponibilidade de P para as plantas em curto prazo; porém, com custo por unidades de P mais baixos que os fosfatos solúveis (Novais *et al.*, 2007).

Alternativamente tem-se a possibilidade do uso de fertilizante organomineral a partir da mistura de fosfato natural e uma fonte de carbono, como a torta de filtro. Na literatura os resultados sobre o uso de microrganismos solubilizadores de P são contraditórios em experimentos de campo e casa de vegetação, pois a eficiência de solubilização depende da estirpe do microrganismo, fosfato, cultivar, acidez e natureza da matéria orgânica que servirá como fonte de carbono para os microrganismos (Nahas *et al.*, 1994 a,b; Nahas, 2002).

Informações sobre o efeito da torta de filtro associada ao fosfato natural e microrganismos na disponibilidade de P no solo, na população de microrganismos e resposta da planta são incipientes no Brasil. Existem dúvidas na literatura se a capacidade dos microrganismos solubilizadores de fosfato seria suficiente para competir como outros estabelecidos na rizosfera, fazendo com que a quantidade do P liberada seja suficiente para aumento do crescimento vegetal (Richardson *et al.*, 2009).

Objetivou-se avaliar o efeito do uso da torta de filtro associada com fosfato natural de rocha e biofertilizantes, sobre a população de microrganismos do solo, os teores de fósforo do solo e das plantas e a produção de matéria seca da cultura do milho.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Universidade Estadual Paulista (UNESP), Câmpus de Jabotica-

bal, SP, Brasil, em casa de vegetação. Utilizou-se como planta teste o milho, cultivar DKB 390 VT-PRO II, cultivada em vasos com capacidade para 5 dm³ (altura 23 cm, diâmetro inferior 19 cm e diâmetro superior 23 cm) contendo Ultisol (Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico). A caracterização química desse solo, conforme metodologia de Raij *et al.* (2001), foi a seguinte: pH em CaCl₂ = 4,5; M.O. (g dm⁻³) = 6; P resina (mg dm⁻³) = 1; K (mmol_c dm⁻³) = 1,4; Ca (mmol_c dm⁻³) = 10; Mg (mmol_c dm⁻³) = 7; H+Al (mmol_c dm⁻³) = 28; SB (soma de bases) (mmol_c dm⁻³) = 18,4; CTC (capacidade de troca catiônica) (mmol_c dm⁻³) = 46,4 e V (saturação por bases) (%) = 40. Aos 30 dias antes da semeadura, realizou a calagem, objetivando elevar a saturação por bases do solo para 60%. Em todos os tratamentos foram aplicados nitrogênio (200 mg dm⁻³), na forma de ureia (45% de N) e potássio (150 mg dm⁻³), na forma de cloreto de potássio (60% de K₂O).

O experimento foi constituído por sete tratamentos dispostos em delineamento inteiramente ao acaso, com três repetições. Os tratamentos foram: (1) somente o solo (tratamento-controle); (2) solo adicionado de fosfato de rocha (FR); (3) torta de filtro; (4) FR e torta; (5) FR, torta e Biopack Sc®; (6) FR, torta e Embrafós: FF organic Plus® e (7) FR, torta e Azotofos.

A unidade experimental foi composta por vaso, contendo duas plantas. Foram utilizados os biofertilizantes sólidos: Biopack Sc®, com carga microbiana de 10⁶ ufc g⁻¹; Embrafós: FF organic Plus®, com carga microbiana de 10⁴ ufc g⁻¹; e Azotofos (*Pseudomonas fluorescense* + *Azotobacter chococum*), obtido no Laboratório Barajagua, Instituto de Pesquisas de Solos e Adubos, Cuba, com carga microbiana de 10⁶ ufc g⁻¹.

A caracterização microbiológica da torta de filtro foi feita pela inoculação em meio de Bunt e Rovira (1955), pH 7,4 para contagem de bactérias, meio de Martin (1950), pH 5,6 para contagem de fungos e meio Pikoskaya (Martínez *et al.*, 2006), para contagem de microrganismos solubilizadores de fosfato. Os resultados foram de 2,97x10⁵, 2,5x10² e 2,5x10³ ufc g⁻¹ para bactérias totais, microrganismos solubilizadores de fosfato e fungos totais, respectivamente.

A análise química da torta de filtro realizada conforme metodologia proposta por Bataglia *et al.* (1983), apresentou os seguintes resultados: N= 1,40%; P= 1,17% K= 0,22%; Ca= 2,74%; Mg= 1,08%; S= 0,24% e M.O. total= 29,6%.

As doses de biofertilizantes foram equivalentes a 692 kg ha⁻¹ para o Biopack; 500 kg ha⁻¹ para o Embrafós e 70 kg ha⁻¹ para o Azotofos, seguindo indicações técnicas. Para a ativação dos microrganismos adicionou 200 mL de água em um recipiente juntamente com a torta de filtro + biofertilizante de cada tratamento, em suas respectivas doses. Deixou-se em aeração por 12 h. Após este período, aplicou-se os biofertilizantes ativados e homogeneizou-se novamente.

A dose de torta utilizada (enriquecida ou não com microrganismos) foi de 12,5 g dm⁻³ de solo. A dose de fósforo empregada foi de 60 mg dm⁻³ de P solúvel em ácido cítrico, na forma de fosfato natural de Araxá (4% de P₂O₅ solúvel em ácido cítrico).

Foram realizadas três avaliações de crescimento da cultura do milho, aos 14, 28 e 42 dias após a emergência. Foi determinada a altura de plantas (nível do solo até base da primeira folha totalmente expandida), diâmetro do colmo (5 cm do nível do solo) e número de folhas nas plantas de cada vaso. Aos 45 dias foi determinado o teor de fósforo disponível no solo, conforme metodologia descrita por Raij *et al.* (2001) e coletaram-se toda a parte aérea e raízes das plantas do vaso. O material vegetal foi lavado, acondicionado em sacos de papel e seco em estufa de circulação forçada de ar na temperatura de 65 a 70°C, durante aproximadamente 96 horas, até atingir a massa constante. Após secas, as amostras foram pesadas e determinada a massa seca por vaso. Posteriormente, essas amostras foram moídas em moinho tipo Willey e realizada a determinação do teor de fósforo, de acordo com a metodologia descrita por Bataglia *et al.* (1983). Com base na produção de massa seca da parte aérea por vaso e teor de fósforo na massa seca, calculou-se o acúmulo de fósforo na parte aérea das plantas.

Após a coleta das plantas, realizou-se a contagem dos microrganismos no solo empregando-se os mesmos procedimentos descritos anteriormen-

te para a caracterização microbiológica da torta de filtro. Foram adicionados 10,0 g de solo a um Erlenmeyer contendo 95 mL de uma solução de pirofosfato de sódio 0,1% (p/v) e após agitação por 30 minutos, em uma mesa agitadora, foram feitas diluições decimais em série, de 10^{-1} a 10^{-10} . As placas foram incubadas à temperatura de 30°C por 48 horas (bactérias), 72 horas (fungos) e 96 horas (microrganismos solubilizadores de fosfato), em seguida foram avaliadas em um contador de colônias com 6x de aumento.

Os dados foram submetidos à análise de variância, utilizando o programa estatístico SPSS para Windows version 15. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Para as populações de microrganismos os dados foram transformados em logaritmo para obter normalidades destes. Foi realizada análise de correlação linear entre o teor do P no solo e o acúmulo de P na parte aérea da planta.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os maiores teores de P disponível no solo e seu acúmulo na parte aérea das plantas ocorreram nos tratamentos com torta de filtro e adição de fosfato natural, independentemente se enriquecidos ou não com biofertilizantes (**Tabela 1**). Na ausência da torta, o uso do fosfato não aumentou o teor de P no solo e o acúmulo do nutriente na planta não diferindo do tratamento-controle. Houve correlação positiva altamente significativa ($r = 0,95^{**}$) entre o teor do P no solo e o acúmulo de P na parte aérea da planta, indicando a importância do P disponível no solo e a absorção do nutriente pelas plantas.

O uso exclusivo da torta foi mais importante como fonte de P para as plantas do que o apenas fosfato de rocha, verificando-se significativo aumento do conteúdo de P no solo e nas plantas em relação ao controle (**Tabela 1**). Este fato ocorreu devido a torta apresentar em sua composição, 1,17% de P e, na dose deste composto orgânico (12,5 g de torta dm^{-3} de solo), correspondeu a 146 mg dm^{-3} de P. Vale ressaltar que o P contido na torta de filtro encontra-se na forma orgânica sendo apenas parte dele mineralizado nos primeiros meses após sua aplicação. Além disso, a

torta poderia potencializar a atividade de outros microrganismos nativos do solo, incluindo as micorrizas, entre outras, pois Nahas *et al.* (1994 a,b) relataram que existem populações nativas de microrganismos no solo (bactérias e fungos) com grande potencial na solubilização do P. Foi demonstrado o papel da torta de filtro como fonte de P no solo, conforme relatado por Arzola e Fundora (2008). Santos *et al.* (2010) e Almeida Júnior *et al.* (2011) também verificaram a melhoria na fertilidade do solo com o uso da torta enriquecida com fosfato acidulado.

Tabela 1. Fósforo disponível no solo e acúmulo na parte aérea de plantas de milho adubado com torta de filtro, fosfato natural de Araxá e biofertilizantes.

Table 1. Phosphorus available in the soil and concentration in the aerial part of maize plants fertilized with filter cake, Araxá natural phosphate and biofertilizers.

Tratamentos	P no solo (mg dm^{-3})	Acúmulo de P (mg por vaso)
Torta + FR + Biopack	63,00 a	21,20 a
Torta + FR + Embráfós	63,33 a	22,74 a
Torta + FR + Azotofos	60,66 a	21,12 a
Torta + FR	58,33 a	24,51 a
Torta	38,00 b	12,59 b
FR	9,33 c	0,70 c
Controle	3,66 c	0,40 c
Teste F	100,38**	109,72**
Erro padrão	2,59	1,32
CV(%)	10,6	11,9

Médias seguidas de letras distintas nas colunas, diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). **: significativo ($p < 0,01$). FR: fosfato de rocha de Araxá. CV: coeficiente de variação.

Means followed by distinct letters in the columns, differ by Tukey's test ($p < 0,05$). **: significant ($p < 0,01$). FR: Araxá rock phosphate. CV: coefficient of variation.

A utilização da torta com fosfato natural e biofertilizantes não proporcionaram aumento na disponibilidade de P no solo e no acúmulo pela planta, em relação ao tratamento apenas com torta de filtro e fosfato de rocha, provavelmente devido ao curto tempo de experimentação (**Tabela 1**).

De forma geral, o uso da torta com fosfato de rocha e biofertilizantes não resultou em maior altura das plantas, diâmetro de colmos e número de folhas, em relação ao tratamento com torta e fosfato de rocha (**Tabela 2**). Portanto, a partir dos resultados referentes às variáveis de crescimento

Tabela 2. Altura, diâmetro do colmo e número de folhas de plantas de milho, em função da aplicação de torta de filtro, rocha fosfatada e biofertilizantes.

Table 2. Height, stem diameter and number of leaves of maize plants, as a function of the application of filter cake, phosphate rock and biofertilizers.

Tratamentos	Altura (cm)			Diâmetro (mm)			Número de folhas		
	Dias								
	14	28	42	14	28	42	14	28	42
T+FR+B	6,6 ab	14,8 ab	23,9 ab	5,3 ab	9,1 a	10,4 ab	4,0	6,0 a	6,0 a
T+FR+E	6,9 a	16,6 a	24,9 a	5,5 a	9,8 a	10,7 a	4,0	6,2 a	6,2 a
T+FR+A	7,1 a	16,2 ab	24,6 ab	5,4 ab	9,2 a	10,6 a	4,0	6,2 a	6,2 a
T+FR	6,2 abc	13,7 b	24,2 ab	5,0 ab	7,7 b	10,4 ab	4,0	5,5 ab	5,5 ab
T	5,6 bc	10,5 c	21,7 b	4,7 ab	6,7 b	9,2 b	3,8	5,0 b	5,0 b
FR	5,6 bc	7,7 d	7,8 c	5,0 ab	5,2 c	3,2 c	3,8	3,2 c	3,2 c
Controle	5,5 c	5,6 d	5,7 c	4,4 b	4,3 c	3,0 c	3,8	3,0 c	3,0 c
Teste F	8,2**	52,4**	146,6**	3,0*	48,4**	112,6**	1,0 ^{NS}	66,1**	66,1**
Erro padrão	0,3	0,8	1,0	0,3	0,4	0,4	0,3	0,2	0,2
CV(%)	9,1	11,9	9,0	11,0	9,8	7,8	7,8	8,3	8,3

Médias seguidas de letras distintas nas colunas, diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). **: * e NS: significativo ($p < 0,01$); ($p < 0,05$) e não significativo, respectivamente. T: Torta de filtro; FR: fosfato de rocha de Araxá; B: Biopack; E: Embrafós; A: Azotofos. CV: coeficiente de variação.

Means followed by distinct letters in the columns, differ by Tukey's test ($p < 0.05$). **: * and NS: significant ($p < 0.01$); ($p < 0.05$) and not significant, respectively. T: Filter cake; FR: Araxá rock phosphate; B: Biopack; E: Embrafós; A: Azotofos. CV: coefficient of variation.

da cultura do milho, nota-se que a associação da torta de filtro com o fosfato de rocha promoveu melhor desenvolvimento inicial das plantas; resultado não observado para os tratamentos com a utilização isolada de torta de filtro ou da rocha fosfatada.

As populações de bactérias totais aumentaram com o uso da torta, rocha fosfatada e biofertilizantes quando comparados com os demais tratamentos; entretanto o uso do Biopack, seguido do Azotofos, proporcionou a maior população bacteriana em relação ao Embrafós (**Tabela 3**). Este fato pode ser devido à incorporação de uma maior carga de bactérias (10^6 ufc g^{-1}) por estes biofertilizantes.

Para a população de microrganismos solubilizadores de fosfato (**Tabela 3**), os maiores resultados foram obtidos com os tratamentos que continham torta de filtro, em relação à ausência de torta, o qual se explica pela incorporação de microrganismos solubilizadores de fosfato através da torta ($2,5 \times 10^2$ ufc g^{-1}). Ressalta-se, também, que o tratamento com o uso de Azotofos, que não diferiu do Biopack, apresentou melhor resultado. No entanto, estes resultados não refletiram em

maior teor de P no solo com estes tratamentos (**Tabela 1**), possivelmente devido ao curto período de condução do ensaio.

As populações de fungos foram pouco influenciadas, havendo maior número de unidades formadoras de colônias com a presença de torta de filtro; no entanto, sem diferir apenas do tratamento com rocha fosfatada (**Tabela 3**). Nahas *et al.* (1994 c) também observaram que o uso de fosfato natural de Araxá incrementou a população de fungos, em relação ao controle sem aplicação de P em um Latossolo Vermelho-Escuro.

Evidenciou-se que a adição de torta de filtro promoveu melhores condições para o crescimento da população de bactérias, em comparação à aplicação isolada de rocha fosfatada. Este fato deve-se as cepas incorporadas com a torta, ou, o favorecimento da ação dos microrganismos nativos do solo que proporciona maior capacidade de solubilizar o P, conforme relatado por Nahas *et al.* (1994 a,b). Em geral, se verificou a influência de matéria orgânica no solo sobre a população de microrganismos, conforme relatado por outros autores (Ferreira *et al.*, 2017).

Tabela 3. Populações de microrganismos aos 45 dias, em função da aplicação de torta de filtro, fosfato natural de Araxá e biofertilizantes.

Table 3. Populations of microorganisms at 45 days, depending on the application of filter cake, Araxá natural phosphate and biofertilizers.

Tratamentos	Bactérias totais	Microrganismos solubilizadores	Fungos totais
Torta+FR+Biopack	1,60x10 ⁶ a	3,41x10 ⁴ ab	5,10x10 ³ a
Torta +FR+Embrafós	4,90x10 ⁵ c	5,54x10 ³ b	1,09x10 ⁴ a
Torta+FR+Azotofos	9,59x10 ⁵ b	4,49x10 ⁴ a	4,20x10 ³ a
Torta+FR	3,01x10 ⁵ d	5,09x10 ³ b	3,00x10 ³ ab
Torta	3,40x10 ⁵ d	5,45x10 ³ b	4,90x10 ³ ab
FR	4,40x10 ⁴ e	1,9x10 ² c	2,50x10 ³ ab
Controle	3,89x10 ⁴ e	3,0x10 ² c	8,30x10 ² b
Teste F	425,19**	21,95**	6,49**
Erro padrão	0,03	0,18	0,12
CV(%)	1,0	9,0	6,7

Médias seguidas de letras distintas nas colunas, diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05). **: significativo (p<0,01). FR: Fosfato natural de Araxá. UFC: Unidades formadoras de colônias. CV: coeficiente de variação.

Means followed by distinct letters in the columns, differ by Tukey's test (p <0.05). **: significant (p <0.01). FR: Natural phosphate from Araxá. UFC: Colony forming units. CV: coefficient of variation.

Foram observados maiores valores para a massa seca foliar e total das plantas para os tratamentos que receberam torta com fosfato natural, independentemente da presença ou da ausência de biofertilizantes, exceto para massa seca foliar em que o tratamento apenas com torta não diferiu do tratamento com Biopack (**Tabela 4**). Este fato deve-se aos efeitos destes tratamentos nas variáveis de crescimento, aos 42 dias após a emergência (**Tabela 2**). Houve maior produção de massa seca das raízes com torta e fosfato de rocha, seguido de torta, fosfato de rocha e Azotofos (**Tabela 4**).

Means followed by distinct letters in the columns, differ by Tukey's test (p <0.05). **: significant (p <0.01). FR: Natural phosphate from Araxá. CV: coefficient of variation. O teor de P no solo correlacionou-se positivamente com a população de bactérias totais (r = 0,91**), microrganismos solubilizadores de fosfato (r=0,82**) e com a população de fungos (r = 0,73**). Houve

Tabela 4. Massa seca das plantas de milho, em função da aplicação de torta de filtro, rocha fosfatada e biofertilizantes.

Table 4. Dry mass of maize plants, according to the application of filter cake, phosphate rock and biofertilizers.

Tratamentos	Massa seca		
	Folhas	Raiz	Total
	g por vaso		
Torta + FR + Biopack	10,63 ab	5,10 bc	15,73 a
Torta + FR + Embrafós	12,53 a	5,30 b	17,83 a
Torta + FR + Azotofos	12,03 a	6,20 ab	18,23 a
Torta + FR	12,23 a	7,30 a	19,53 a
Torta	7,96 b	3,40 c	11,36 b
FR	0,83 c	0,46 d	1,30 c
Controle	0,56 c	0,36 d	0,93 c
Teste F	62,60**	54,41**	81,71**
Erro padrão	0,66	0,36	0,88
CV(%)	14,3	15,4	12,6

Médias seguidas de letras distintas nas colunas, diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05). **: significativo (p<0,01). FR: Fosfato natural de Araxá. CV: coeficiente de variação.

correlação positiva, também, entre o acúmulo de P na parte aérea com população de bactérias totais (r= 0,91**), microrganismos solubilizadores de fosfato (r= 0,82**) e com a população de fungos (r = 0,62**). Isto demonstra que as bactérias desempenharam papel mais importante na disponibilização de P no solo e, conseqüentemente, absorção pelas plantas do que a população de fungos, apresentando maiores coeficientes de correlação.

Uma reflexão realizada sobre o tema disponibilidade do P no solo com o uso de microrganismos (Mendes e Reis Júnior, 2003) indicou muitas contradições e necessidades de trabalhar em esforço concentrado em pesquisas pela obtenção de estirpes de alta capacidade de solubilização de P.

CONCLUSÕES

O solo com torta de filtro, fosfato natural e biofertilizantes apresentaram maior população de bactérias totais; porém, não aumentaram a massa seca, o teor de fósforo no solo e o acúmulo de fósforo na parte aérea das plantas quando comparado somente ao uso da torta de filtro e fosfato natural.

A torta de filtro na adubação promoveu maior teor de fósforo no solo e acúmulo pelas plantas, maior crescimento das plantas e maior população microbiana do solo, em relação aos tratamentos com ausência de torta.

BIBLIOGRAFIA

- Almeida Júnior, AB; CWA Nascimento; MF Sobral; FBV Silva & WA Gomes. 2011. Fertilidade do solo e absorção de nutrientes em cana-de-açúcar fertilizada com torta de filtro. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 15: 1004-1013.
- Alves, L; EA Mendoza & GN Silva Filho. 2002. Microrganismos solubilizadores de fosfatos e o crescimento de Pímus e Eucalipto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 26: 939-947.
- Arias, LM. 2015. *Deficiencias de fósforo y potasio en maíz. Efectos sobre el área foliar, crecimiento y absorción de nutrientes*. Tesis en opción al título de master en Ciencias de suelo. Universidad de Buenos aires. Disponível em: <[http://lacs.ipni.net/ipniweb/region/lacs.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/7310afb32c62918a032579030053e4a5/\\$FILE/TESIS%20MSc%20LM%20%20Arias%20Usandivaras.pdf](http://lacs.ipni.net/ipniweb/region/lacs.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/7310afb32c62918a032579030053e4a5/$FILE/TESIS%20MSc%20LM%20%20Arias%20Usandivaras.pdf)>. Acessado em: 10 de agosto de 2016.
- Arzola, N & O Fundora. 2008. *Suelos, Fertilizantes y Enmiendas*. Editorial Universo Sur. Universidad de Cienfuegos. Cuba. 312pp.
- Bataglia, OC; AMC Furlani; JPF Teixeira; PR Furlani & JR Gallo. 1983. *Métodos de análise química de plantas*. Campinas: Instituto Agrônômico (Boletim Técnico, 78). 48pp.
- Bittencourt, VC; AC Strini; LG Cesarim & SR Souza. 2006. Torta de filtro enriquecida. *Revista Idea News* 6: 2-6.
- Bunt, JS & AD Rovira. 1955. Microbiological studies of some subantarctic soils. *J. Soil Science* 6: 119-128.
- Ferreira, EPB; LF Stone & CCG Martin-Didonet. 2017. População e atividade microbiana do solo em sistema agroecológico de produção. *Revista Ciência Agronômica* 48: 22-31.
- Fernandes, MS. 2006. *Nutrição Mineral de Plantas*. 1.ed. Viçosa: UFV (Sociedade Brasileira de Ciência do Solo). 432 pp.
- Goedert, WJ; DMG Souza; E Lobato. 1986. Fósforo. In: Goedert, WJ. (Ed.) *Solos dos cerrados: Tecnologias e estratégias de manejo*. São Pablo. Nobel. 126-166 pp.
- Marschner, H. 1995. *Mineral nutrition of higher plants*. 2 ed. London: Academic. 889pp.
- Martin, JP. 1950. Use of acid, rose bengal, and streptomycin in the plate method for estimating soil fungi. *Soil Science* 69: 215-232.
- Martínez Viera, R; M López; FM Brossard; GG Tejada; AH Pereira; ZC Parra; SJ Rodríguez & A Alba. 2006. *Procedimientos para el estudio y fabricación de Biofertilizantes bacterianos*. Maracay. Venezuela. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. 88pp.
- Mendes, IC & FB Reis Júnior. 2003. *Microrganismos e disponibilidade de fósforo (P) nos solos: uma análise crítica*. EMBRAPA, Planaltina. 26 pp.
- Nahas, E; JF Centurion & LC Assis. 1994a. Microrganismos solubilizadores de fosfato e produtores de fosfatases de vários solos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 18: 43-48.
- Nahas, E; JF Centurion & L.C. Assis. 1994b. Efeito das características químicas dos solos sobre os microrganismos solubilizadores de fosfato e produtores de fosfatases. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 18: 49-53.
- Nahas, ED; J Fornasieri & LC Assis. 1994c. Resposta a Inoculação de fungo solubilizador de fósforo em milho. *Scientia Agrícola* 51: 463-469.
- Nahas, E. 2002. Microrganismos do solo produtores de fosfatases em diferentes sistemas agrícolas. *Bragantia* 61: 267-275.
- Novais, RF; TJ Smyth & FN Nunes. 2007. Fósforo. In: Novais, RF; VVH Alvarez; NF Barros; RLF Fontes; RB Cantarutti & JCL Neves. (Ed). *Fertilidade do solo*. SBCS. Viçosa. 1017pp.
- Novais, RF & TJ Smyth. 1999. *Fósforo em solos e plantas em condições tropicais*. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa. 399p.
- Prochnow, LI; JC Alcarde & SH Chien. 2004. Eficiência agrônômica dos fosfatos totalmente acidulados. In: Yamada, T; SRS Abdalla. (Eds.) *Fósforo na agricultura brasileira*. Piracicaba, Potafos: 605-651.
- Raij, B van; JC Andrade; H Cantarella & JA Quaggio. 2001. *Análise química para avaliação da fertilidade dos solos tropicais*. Campinas, Instituto Agrônômico, 285pp.
- Richardson, AE; JM Barea; AM McNeill & C Prigent-Combaret. 2009. Acquisition of phosphorus and nitrogen in the rhizosphere and plant growth promotion by microorganisms. *Plant and Soil* 321: 305-339.
- Santos, DH; CS Tiritan; JSS FOLONI & LB Fabris. 2010. Produtividade de cana-de-açúcar sob adubação com torta de filtro enriquecida com fosfato solúvel. *Pesquisa Agropecuária Tropical* 40: 454-461.
- Santos, DH; MA Silva; CS Tiritan; JSS FOLONI & FR Echer. 2011. Qualidade tecnológica da cana-de-açúcar sob adubação com torta de filtro enriquecida com fosfato solúvel. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 15: 443-449.