

EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DO SUPERFOSFATO TRIPLO REVESTIDO POR POLÍMEROS NO CRESCIMENTO INICIAL DO CAFEIEIRO

Wantuir Filipe Teixeira Chagas¹, Douglas Ramos Guelfi², André Luiz de Carvalho Caputo³,
Anderson William Dominghetti⁴, Valdemar Faquin⁵, Raphael Machado Lopes⁶,
Rafael Mattioli Rezende Chagas⁷

(Recebido: 06 de abril de 2016; aceito: 26 de abril de 2016)

RESUMO: Grande parte do P aplicado ao solo, na forma de fertilizantes, é fixado com óxidos de ferro e alumínio, tornando-se indisponíveis às plantas. Uma opção para contornar esse problema é agregar compostos aos fertilizantes, fosfatos convencionais para reduzir a intensidade das reações de precipitação e adsorção. Para quantificar a eficiência agronômica e avaliar características de crescimento e nutricionais como altura, massa seca de plantas, área foliar, teor e acúmulo de P nas folhas do cafeeiro, conduziu-se o experimento, em casa de vegetação da Universidade Federal de Lavras, em vasos preenchidos com 14 kg de solo e duas mudas de café cultivar Acaia IAC 474-19. Utilizou-se o delineamento em blocos ao acaso, esquema fatorial 2x5, sendo os tratamentos constituídos por duas fontes de P (Superfosfato triplo revestido por polímeros e Superfosfato triplo convencional) e cinco doses de P_2O_5 (0; 5; 10; 15; 20 g vaso⁻¹), com quatro repetições. Ao final do experimento, concluiu-se que a adubação fosfatada influenciou as características avaliadas, onde a aplicação de fósforo promoveu aumento no crescimento inicial do cafeeiro. O revestimento do fertilizante fosfatado com polímeros aumentou a altura, a massa seca, o acúmulo de fósforo nas folhas do cafeeiro e a eficiência agronômica, em relação ao SFT convencional.

Termos para indexação: Fósforo, fertilizantes, *Coffea arabica* L.

AGRONOMIC EFFICIENCY OF TRIPLE SUPERPHOSPHATE COATED BY POLYMERS IN THE INITIAL GROWTH OF THE COFFEE

ABSTRACT: The phosphate fertilizer in coffee has been widely discussed in recent years for research due to the problems facing the match reaction (P) in the culture of farming soils. Much of the set P is applied with iron and aluminum oxides, becoming unavailable to plants. One way to get around this problem is the use of slow or controlled release fertilizer that slowly release the nutrients to the soil solution. In order to find the agronomic efficiency and evaluate phytotechnical and nutritional characteristics such as height, dry weight of plants, leaf area, content and P accumulation in coffee leaves was carried out the experiment in a greenhouse at the Federal University of Lavras, in pots filled with 14 kg of soil and two coffee seedlings 'Acaia IAC 474-19'. The experiment design was randomized block arranged in a factorial 2x5 scheme. The treatments were constituted for two P sources (Triple superphosphate coated polymers and superphosphate conventional triple) and five doses of P_2O_5 (0, 5, 10, 15, 20 g vaso⁻¹) by each of the sources, with four replicates. At the end of the experiment, we concluded that phosphate fertilizer influenced in all characteristics evaluated, where the phosphorus application promoted increase in coffee growth. The coating the fertilizer with polymers increased height, dry mass, phosphorus accumulation in coffee leaves and agronomic efficiency compared to conventional ST, being more efficient.

Index terms: Phosphorus, fertilizers, *Coffea arabica* L.

1 INTRODUÇÃO

A cultura do café é um dos principais suportes da economia agrícola brasileira e componente importante do Produto Interno Bruto (PIB). O Brasil é o maior produtor e exportador mundial de café. No ano de 2015, a produção foi estimada em 43.235 mil sacas de café beneficiado, em uma área de 1,92 milhões de hectares, sendo o Sul e Centro-Oeste do estado de Minas Gerais, a maior região produtora do País (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2015).

Para atingir esses valores, um dos aspectos mais importantes da produção é a nutrição do cafeeiro (DOMINGHETTI et al., 2014). Ou seja, uma nutrição adequada e equilibrada associada a outros fatores como temperatura, umidade do solo e cultivar adequada definem uma boa produtividade. Nesse sentido, por exemplo, o fósforo (P) é apontado como um dos nutrientes que mais limita o desenvolvimento das culturas, principalmente em solos tropicais, com alto grau de intemperismo (DIAS et al., 2015). O baixo aproveitamento do P no solo, proveniente dos fertilizantes, é resultado de reações indesejadas

^{1,2,3,5,6,7}Universidade Federal de Lavras/UFLA - Departamento de Ciência do Solo/DCS - Cx. P. 3037- 37.200-000 - Lavras - MG
wantuirfilipe@gmail.com, douglasguelfi@dcs.ufla.br, caputoandre@gmail.com, vafaquin@dcs.ufla.br, raphaelml2@hotmail.com,
rafaelmrc@gmail.com

⁴Universidade Federal de Lavras/UFLA - Departamento de Agricultura/DAG -Cx. P. 3037- 37.200-000 - Lavras - MG
andersonwd10@yahoo.com.br

do nutriente com cátions como alumínio e ferro em solos ácidos das regiões de clima tropical (MACHADO et al., 2011).

Entre as várias maneiras de avaliar o aproveitamento dos fertilizantes pela planta destaca-se a eficiência agrônômica (EA). A EA do fertilizante representa a quantidade de aumento na produção da cultura, em função do tipo de dose do fertilizante aplicado, o que pode refletir o impacto dos fertilizantes na produtividade da cultura (SILVA et al., 2011). Alguns trabalhos apontam diferenças nos valores de eficiência agrônômica para o P, em diferentes culturas. Dorahy et al. (2008), avaliando a eficiência agrônômica na cultura do algodão, com uso de P marcado, encontraram valores de 1,2 a 3,4%; já Takashi e Anwar (2007) aplicaram 65 kg ha⁻¹ de P na cultura do trigo, utilizando como fonte o superfosfato triplo e obtiveram eficiência agrônômica de 17%.

Devido aos baixos valores de eficiência agrônômica encontrados com o uso do P, cuidados com o uso racional e eficiente deste nutriente é importante, o que torna essencial o aprofundamento dos estudos e pesquisas voltadas para o conhecimento dos fertilizantes fosfatados e sua dinâmica no sistema solo-planta. Uma saída para tal problema seria o uso de fertilizantes fosfatados de liberação lenta ou controlada, que libera gradativamente o nutriente para a solução do solo, o que pode reduzir as perdas por fixação com óxidos de ferro e alumínio e, com isso, aumentar a eficiência do fertilizante.

Um fertilizante convencional (sem revestimento) está mais suscetível às alterações ambientais, uma vez que o nutriente sofre liberação sem controle para a solução do solo. Por outro lado, o fertilizante que é recoberto por enxofre ou polímero sintético, exemplos de tecnologias utilizadas para produção dos fertilizantes protegidos, fica protegido e o tempo de liberação aumenta, sendo denominado fertilizante de liberação lenta ou controlada. Esses fertilizantes liberam lentamente o nutriente para a solução do solo, incrementando a sua disponibilidade ao longo do tempo, por mecanismos diferentes de liberação, com a finalidade de criar um sincronismo entre a liberação do nutriente pelo fertilizante e a demanda pela planta (ZAVASCHI, 2010).

Entretanto essa é uma tecnologia recente e ainda demanda muita pesquisa, principalmente quando se trata do cafeeiro. Para outras culturas, maiores valores de eficiência no uso do P estão sendo encontrados com o uso de fertilizantes

fosfatados revestidos, como o estudo de Chagas et al. (2015) em alface, que encontraram 15,33 mg de massa seca por mg de P₂O₅ aplicado com o uso do MAP revestido por polímeros, enquanto que, para o MAP sem o revestimento, esse valor foi de 3,05 mg de massa seca, por mg P₂O₅⁻¹.

Objetivou-se, com esse trabalho, quantificar a eficiência agrônômica e avaliar características de crescimento e nutricionais, durante o crescimento inicial do cafeeiro.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, no Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras, na cidade de Lavras – MG, latitude 21° 14' 43" S, longitude 44° 59' 59" W e altitude de 919 m, no período de 15 de fevereiro a 10 de novembro de 2014. Utilizou-se o Latossolo Vermelho distrófico (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 2013), de textura argilosa, coletado no horizonte B, cujas características químicas e físicas estão descritas na Tabela 1.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos inteiramente casualizado e, os tratamentos distribuídos em esquema fatorial 2 x 5, sendo eles: Superfosfato Triplo (ST) e Superfosfato Triplo revestido com polímeros (Policote) (ST + P), aplicados em cinco doses: 0; 5; 10; 15; 20 g P₂O₅ vaso⁻¹, com quatro repetições. A parcela experimental foi composta por um vaso preenchido com 14 kg de solo e duas mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L. cv. Acaia IAC 474-19),

O revestimento utilizado no recobrimento dos grânulos de ST é composto por polímeros aniônicos solúveis com biodegradabilidade de 93,7%, que reduzem a atividade de ferro e alumínio (CHAGAS et al., 2015). Tal redução de atividade tem como consequência uma menor fixação de fósforo no solo, aumentando sua disponibilidade para as plantas. O polímero também tem a finalidade de melhorar as qualidades físico-químicas de fertilizantes, tais como aumento de dureza, redução de acidez livre, redução da higroscopicidade e redução do teor de pó de fertilizantes (REIS JUNIOR; SILVA, 2013).

Realizou-se calagem no solo para elevar a saturação por bases para 70% (COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS - CFSEMG, 1999) e o calcário utilizado foi formado pela mistura de carbonato de cálcio e carbonato de magnésio (P.A), na equivalência de Ca:Mg de 4:1, passando por um período de incubação de 30 dias.

TABELA 1 - Atributos químicos⁽¹⁾ e físicos⁽²⁾ do solo utilizado no estudo.

pH _{água}	Atributos químicos ⁽¹⁾										M.O g kg ⁻¹						
	P	K ⁺	S	Zn	Cu	Mn	B	Fe	Ca ²⁺	Mg ²⁺		Al ³⁺	H+Al	T	m	V	
5,0	0,84	10	13,1	0,50	2,19	3,98	0,04	25,1	0,9	0,1	0,1	4,04	1,13	5,07	8,9	20,2	1,64
Atributos físicos ⁽²⁾																	
%																	
Argila																	
67																	
Silte																	
17																	
Areia																	
16																	

pH (1:2,5): água; H+Al: Ca(OAc)₂ a 0,5 mol L⁻¹, pH 7; Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺: extrator KCl 1 mol L⁻¹; P, K, Zn, Mn e Cu: extrator Mehlich-1; Carbono Orgânico: oxidação com dicromato de potássio.

Os tratamentos, juntamente com adubação de 5,33 g de nitrogênio + 6,72 g de K₂O vaso⁻¹ (utilizando nitrato de amônio e cloreto de potássio como fontes), foram homogeneizados no solo da parcela experimental em 15/02/2014, seguido pelo transplântio das mudas do cafeeiro (duas plantas por vaso), após a poda da região apical do sistema radicular das mesmas (para impedir entortamento do peão e garantir bom pegamento). A umidade do solo das parcelas experimentais foi mantida na capacidade de campo, ao longo do experimento. Foi realizada adubação foliar com B e Zn (utilizando Ácido Bórico e Sulfato de Zinco como fontes), conforme as recomendações de Garcia et al. (2005).

Ao término do experimento (nove meses após transplântio) foram avaliados: altura (AP), massa seca de plantas (MSP), teor (TP) e acúmulo (AcP) de fósforo nas folhas e a área foliar (AF). Após avaliações de AP, as folhas foram retiradas para determinação da AF com auxílio do aparelho integrador de área foliar, da marca Li-cor, modelo LI 3100.

Posteriormente, as plantas foram retiradas dos vasos e, com auxílio de água corrente, a parte aérea e as raízes foram lavadas sobre peneiras e, em seguida, acondicionadas em sacos de papel e secadas a 75 °C em estufa, com circulação de ar forçada até peso constante, para a determinação do peso da massa seca. Em seguida, a massa seca foi moída, sendo dela retiradas amostras equivalentes a dois gramas, as quais foram submetidas à digestão nitroperclórica, seguida de determinação do fósforo por colorimetria.

Os valores de acúmulo de P foram determinados pelo produto entre o peso seco e o teor de P, na parte aérea das plantas de café. Após a obtenção desses dados, foi calculado índice de eficiência agrônômica da adubação fosfatada:

Eficiência Agrônômica (EA) = massa seca da planta com adubação fosfatada (g) – massa seca sem adubação fosfatada (g) / Dose de P₂O₅ (g); em g de massa seca de planta / g de P₂O₅ aplicado (FAGERIA; SANTOS; MORAES, 2010).

Os dados foram submetidos à análise de variância e, na presença de diferenças significativas pelo teste F, foi realizada análise de regressão dos dados referentes às doses de P₂O₅ e comparação simples no caso das fontes, utilizando-se o software SISVAR 4.3[®] (FERREIRA, 2014). Escolheu-se, dentre os modelos linear, quadrático, logarítmico e exponencial, aquele de maior coeficiente de regressão, significativo a 5% de probabilidade, pelo teste de F.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A altura, massa seca de plantas, o acúmulo de fósforo nas folhas, área foliar e a eficiência agrônômica foram significativamente influenciados pelas fontes e doses de fósforo (Tabela 2).

Para estas características, a média observada com o ST+Polímero foi superior àquelas observadas com o ST sem revestimento. O teor de P foi significativamente influenciado, apenas pelas doses de fósforo.

A altura de plantas aumentou com a adubação fosfatada, alcançando os valores máximos de 75,1 e 92,9 cm, com as doses de 20 e 13,4 g vaso⁻¹ de P₂O₅ ao utilizar ST e ST+Polímero, respectivamente (Figura 1).

Vilela (2014), estudando o crescimento inicial de cultivares de cafeeiro com diferentes doses de Nitrogênio, Fósforo e Potássio, encontrou altura máxima de 34,8 cm na dose de 73,6 g de P₂O₅ aplicados na cova, condições diferentes do presente trabalho, realizado em casa de vegetação. Estes estudos mostram a relevância da adubação fosfatada, na característica altura de plantas.

Nota-se, no presente estudo, que o valor de altura máxima encontrado após aplicação do superfosfato triplo revestido por polímeros foi maior em 23,7%, comparado com o valor após aplicação do superfosfato triplo sem revestimento, e isso, aplicando-se uma dose menor em 33%.

O revestimento do grânulo do fertilizante fosfatado com polímeros reduz a atividade de Fe e Al e, com isso, evita-se a formação de novos minerais menos solúveis devido à precipitação

desses cátions com o P, o que aumenta o crescimento inicial do cafeeiro e a eficiência da adubação fosfatada.

A massa seca de plantas aumentou com a adubação fosfatada, alcançando os valores máximos de 188,0 e 233,8 g vaso⁻¹, com as doses de 20 e 18,9 g vaso⁻¹ de P₂O₅, ao utilizar ST e ST+Polímero, respectivamente (Figura 2).

Utilizando-se fertilizantes fosfatados de liberação controlada, na cultura da soja, Santini et al. (2011) compararam o uso de superfosfato triplo, revestido por polímeros, com diferentes fontes de P na produção de massa seca, na cultura da soja, e notaram similaridade, em ambas as fontes, na produção de massa seca. Isso foi diferente deste trabalho, em que a maior produção de massa seca nas plantas de café foi encontrada com o uso do superfosfato triplo, revestido por polímeros, na maior dose aplicada, como mostrado anteriormente nos resultados. O que pode ser explicado pelo ciclo da cultura, no trabalho de Santini et al. (2011) onde utilizou-se uma cultura anual com ciclo de, aproximadamente, 120 dias; já neste trabalho com o cafeeiro (cultura perene), o período de duração do experimento foi de 270 dias. Segundo Novais, Smyth e Nunes (2007), após aplicação do P no solo é formado primeiramente o P-lábil (ainda disponível às plantas) e, com maior tempo de contato do fertilizante com o solo, forma-se o P não lábil (indisponível às plantas).

O teor de P na folha aumentou linearmente com a adubação fosfatada, alcançando o valor máximo de 1,3 g kg⁻¹, com a dose de 20 g vaso⁻¹ de P₂O₅ (Figura 3).

TABELA 2 - Valores médios e teste F para altura (AP) e massa seca (MSP) de plantas, teor (TP) e acúmulo (AcP) de fósforo nas folhas, área foliar (AF) e índice de eficiência agrônômica do fósforo (EAP), em função de doses e fontes de fósforo.

	Fonte	AP (cm)	MSP (g vaso ⁻¹)	TP (g kg ⁻¹)	AcP (mg vaso ⁻¹)	AF (cm ²)	EA (g MS/g P ₂ O ₅)
	ST	64,2b	142,0b	0,95	65,96b	2232,4b	6,62b
	ST+Polímero	78,0a	179,7a	0,98	90,44a	3308,4a	10,7a
CV (%)		7,21	9,20	9,85	9,90	38,0	22,1
	Fonte	54,0**	48,6**	0,68 ^{ns}	68,79**	51,7**	38,6**
	Dose	34,2**	72,5**	29,88**	116,74**	28,9**	17,7**
F _{calc} (ANOVA)	Fonte*Dose	6,34**	6,3**	1,23 ^{ns}	10,38**	3,78*	1,34*
	Dose/ST	9,34**	19,6**	-	30,97**	7,21**	-
	Dose/ST+Polímero		59,2**	-	96,15**	25,4**	-

^{ns} – não significativo; * - p < 0,05; ** - p < 0,01. Médias seguidas pela mesma letra são estatisticamente iguais entre si.

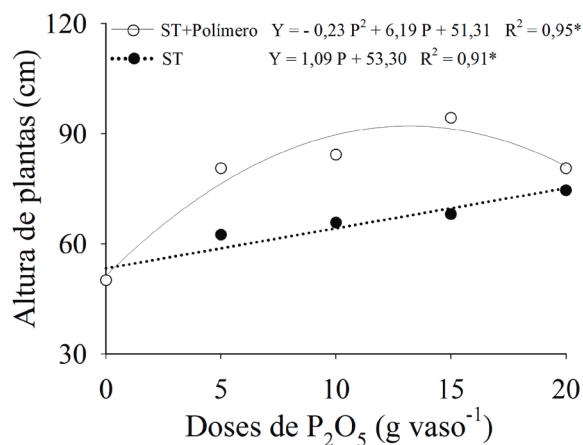


FIGURA 1 - Efeito da aplicação do Superfosfato triplo (ST) e Superfosfato Triplo revestido por polímeros (ST+Polímero), em diferentes doses de P_2O_5 , na altura de plantas após nove meses de cultivo do cafeeiro.

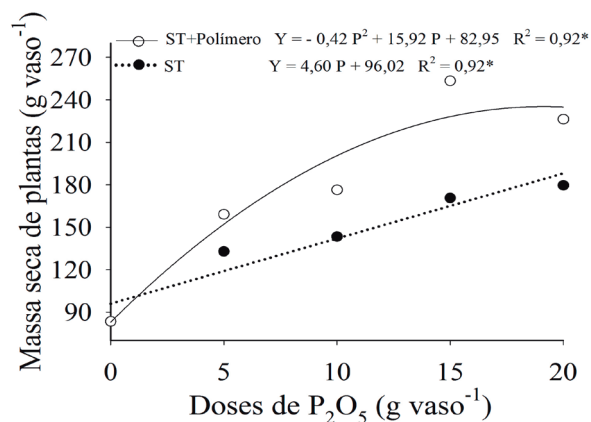


FIGURA 2 - Efeito da aplicação do Superfosfato triplo (ST) e Superfosfato Triplo revestido por polímeros (ST+Polímero), em diferentes doses de P_2O_5 na massa seca de plantas, após nove meses de cultivo do cafeeiro.

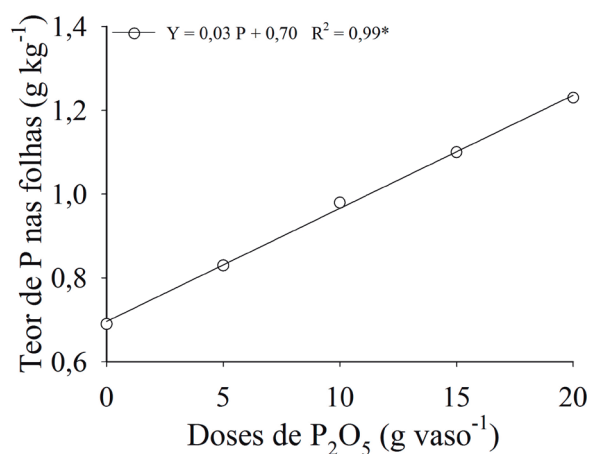


FIGURA 3 - Efeito da aplicação do Superfosfato triplo (ST) e Superfosfato Triplo, revestido por polímeros (ST+Polímero), em diferentes doses de P_2O_5 , no teor de P nas folhas, após nove meses de cultivo do cafeeiro.

Estes resultados corroboram com os encontrados por Dias et al. (2015), em que avaliando a nutrição do cafeeiro, após aplicação de diferentes doses de fósforo, obtiveram aumento linear no teor de P nas folhas. O teor de P foliar aumentou até a aplicação de 600 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Embora os trabalhos apresentem diferenças quanto à metodologia de execução (campo e casa de vegetação), nota-se que, em ambos, o teor de P nas folhas sofre influência direta ao aumento das doses de P.

O acúmulo de P na folha aumentou linearmente com a adubação fosfatada, alcançando os valores máximos de 98,64 e 147,36 mg vaso⁻¹, utilizado ST e ST+Polímeros, respectivamente, como fontes, com a dose de 20 g vaso⁻¹ de P₂O₅ (Figura 4).

O maior acúmulo de P nas folhas do cafeeiro, com a aplicação do superfosfato triplo revestido por polímeros (147,36 mg vaso⁻¹) foi superior em 49,4% comparado ao valor máximo encontrado após aplicação do superfosfato triplo sem revestimento (98,64 mg vaso⁻¹).

Reis et al. (2013) avaliando o estado nutricional e frações de P no cafeeiro, a fim de relacionar com a produtividade da cultura, utilizando como fonte o superfosfato triplo convencional, concluíram que a adubação fosfatada aumentou a produtividade de forma linear, com as doses crescentes de P (máxima dose = 400 kg ha de P₂O₅). Concluíram também que a

reserva de P, nas folhas do cafeeiro, garante aumento da atividade metabólica nas plantas, o que possibilita maior produtividade.

A área foliar aumentou com a adubação fosfatada, alcançando os valores máximos de 3004,2 e 4269,8 cm², com as doses de 20 e 15,6 g vaso⁻¹ de P₂O₅, ao utilizar ST e ST+Polímeros, respectivamente (Figura 5).

A área foliar é influenciada pela adubação fosfatada, como menciona Souza et al. (2014), que avaliaram doses de P no desenvolvimento inicial de cafeeiro. Os autores notaram que havia um crescimento da área foliar até a dose de 501 g vaso⁻¹ de P₂O₅, chegando a 800 cm², e que, com o incremento das doses não havia respostas, quanto ao aumento da área foliar. A mesma tendência de resposta é observada neste trabalho, onde o crescimento foi linear utilizando superfosfato convencional, porém o maior valor foi encontrado na dose de 15,6 g vaso⁻¹ de P₂O₅ de superfosfato triplo revestido com polímero, 4269,8 cm², mostrando que a liberação lenta de P influenciou o aumento da área foliar.

A adubação fosfatada reduziu linearmente a eficiência agrônômica até os valores de 4,30 e 7,43 g de matéria seca de planta/g P₂O₅ com a dose, na dose de 20 g P₂O₅ vaso⁻¹, utilizando ST e ST+Polímero, respectivamente (Figura 6).

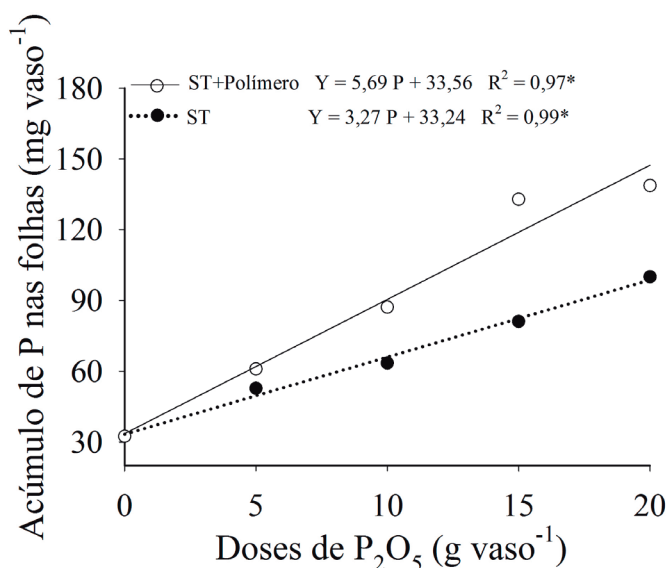


FIGURA 4 - Efeito da aplicação do Superfosfato triplo (ST) e Superfosfato Triplo, revestido por polímeros (ST+Polímero) em diferentes doses de P₂O₅, no acúmulo de P nas folhas, após nove meses de cultivo do cafeeiro.

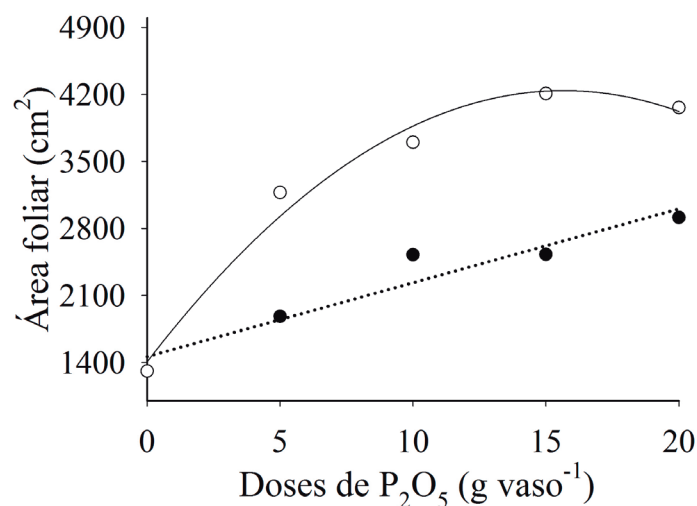


FIGURA 5 - Efeito da aplicação do Superfosfato triplo (ST) e Superfosfato Triplo, revestido por polímeros (ST+Polímero), em diferentes doses de P₂O₅ na área foliar, após nove meses de cultivo do cafeeiro.

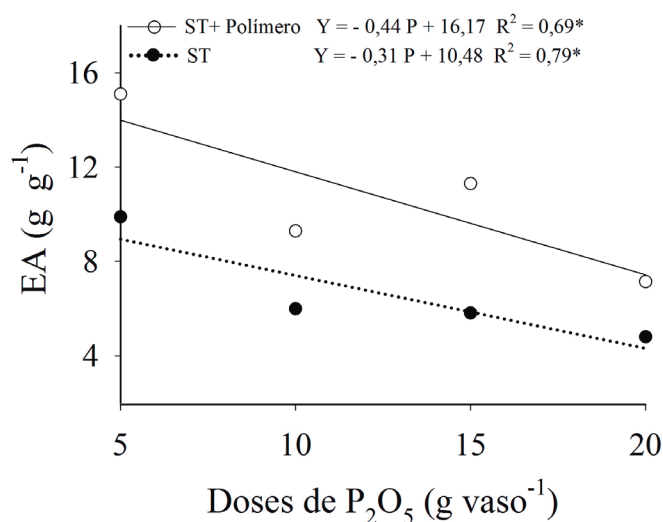


FIGURA 6 - Efeito da aplicação do Superfosfato triplo (ST) e Superfosfato Triplo, revestido por polímeros (ST+Polímero), em diferentes doses de P₂O₅ na eficiência agrônômica (EA), após nove meses de cultivo do cafeeiro.

Relacionados à eficiência agrônômica, ainda faltam trabalhos com fertilizantes fosfatados de liberação lenta ou controlada, no cultivo do cafeeiro. Fageria, Santos e Reis Júnior (2014), estudando a eficiência agrônômica de fertilizantes fosfatados, revestidos por polímeros, na cultura do arroz, encontraram a seguinte sequência decrescente: superfosfato simples revestido com polímeros = superfosfato triplo > superfosfato triplo revestido com polímeros > superfosfato

simples amoniado revestido com polímeros > superfosfato simples > MAP > superfosfato simples amoniado.

Chagas et al. (2015), estudando a eficiência agrônômica do MAP revestido com polímeros na cultura da alface, encontraram diferenças entre as fontes, notando que o MAP revestido com polímero foi superior ao MAP convencional, em uma faixa de dose de 100 a 400 mg de P₂O₅ aplicado e, o mesmo ocorre neste trabalho, em que

o superfosfato triplo revestido por polímeros foi superior ao superfosfato triplo convencional, em todas as doses, como mencionado anteriormente. Machado e Souza (2012) reportam que o uso de fontes de P de liberação controlada faz com que a disponibilidade no solo aumente ao longo do tempo e relatam que o efeito é mais pronunciado em solo de textura argilosa, como o solo deste estudo.

Estes estudos mostram como o revestimento do grânulo de fertilizantes com polímeros pode trazer benefícios a diferentes tipos de culturas e, no caso do crescimento inicial do cafeeiro, fase importante do desenvolvimento da cultura e que determina a produtividade das futuras safras.

4 CONCLUSÕES

O revestimento do superfosfato triplo com polímeros promoveu maior crescimento inicial e eficiência agrônômica, em comparação ao superfosfato triplo convencional.

5 REFERÊNCIAS

- CHAGAS, W. F. T. et al. Productive characteristics, nutrition and agronomic efficiency of polymer-coated MAP in lettuce crops. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 46, n. 2, p. 266-276, 2015.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5. ed. Viçosa, MG, 1999. 310 p.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos, safra2014/15, nono levantamento, junho2015**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_06_11_09_00_3_boletim_graos_junho_2015.pdf>. Acesso em: 30 ago. 2015.
- DIAS, K. G. et al. Coffee yield under different phosphorus sources and levels. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 39, n. 2, p. 110-120, mar./abr. 2015.
- DOMINGHETTI, A. W. et al. Phosphorus doses and irrigation on nutrition of coffee leaf. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 12, p. 1235-1240, 2014.
- DORAHY, C. G. et al. Phosphorous use efficiency by cotton grown in an alkaline soil as determining using ³²P and ³³P radioisotopes. **Journal of Plant Nutrition**, Monticello, v. 31, n. 11, p. 1877-1888, 2008.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Rio de Janeiro, 2013. 353 p.
- FAGERIA, N. K.; SANTOS, A. B.; MORAES, M. F. Yield, potassium uptake, and use efficiency in upland rice genotypes. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, London, v. 41, n. 22, p. 2676-2684, 2010.
- FAGERIA, N. K.; SANTOS, A. B.; REIS JÚNIOR, R. A. Agronomic evaluation of phosphorus sources in lowland rice production. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, London, v. 45, p. 2067-2091, 2014.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 38, p. 109-112, 2014.
- GARCIA, A. L. A. et al. Efeito da uréia com inibidor de urease no crescimento de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). **Coffee Science**, Lavras, v. 6, n. 1, p. 1-7, 2011.
- MACHADO, V. J. et al. Curvas de disponibilidade de fósforo em solos com diferentes texturas após aplicação de doses crescentes de fosfato monoamônico. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 1, p. 70-76, 2011.
- MACHADO, V. J.; SOUZA, C. H. E. Disponibilidade de fósforo em solos com diferentes texturas após aplicação de doses crescentes de fosfato monoamônico de liberação lenta. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 1, p. 1-7, 2012.
- NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J.; NUNES, F. N. Fósforo. In: NOVAIS, R. F. et al. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: SBSCS, 2007. p. 471-550.
- REIS, T. H. P. et al. Estado nutricional e frações foliares de P no cafeeiro em função da adubação fosfatada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 48, n. 7, p. 765-773, jul. 2013.
- REIS JUNIOR, R. A.; SILVA, D. R. G. Avaliação das características físicas e físico químicas de fertilizantes nitrogenados e fosfatados revestidos por polímeros. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 24, n. 2, p. 145-150, 2012.
- SANTINI, J. M. K. et al. Adubação antecipada na cultura da soja com superfosfato triplo e cloreto de potássio revestidos por polímeros. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 4, p. 643-648, jul./ago. 2011.

- SILVA, D. R. G. et al. Productivity and efficiency of nitrogen fertilization in maize under different levels of urea and NBPT-treated urea. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 3, p. 516-523, maio/jun. 2011.
- SOUZA, A. J. J. et al. Doses de fósforo no desenvolvimento inicial de cafeeiros em solos com diferentes texturas. **Coffee Science**, Lavras, v. 9, n. 2, p. 284-288, 2014.
- TAKASHI, S.; ANWAR, M. R. Wheat grain yield, phosphorous uptake and soil phosphorous fraction after 23 years of annual fertilizer application to an Andosol. **Field Crops Research**, Canberra, v. 101, n. 2, p. 160-171, 2007.
- VILELA, D. J. M. **Crescimento inicial de cultivares de cafeeiro com diferentes doses de Nitrogênio, Fósforo e Potássio**. 2014. 65 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.
- ZAVASCHI, E. et al. Ammonia volatilization and yield components after application of polymer-coated urea to maize. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 38, p. 1200-1206, 2014.