



Doses de fósforo e irrigação na nutrição foliar do cafeeiro

Anderson W. Dominghetti¹, Myriane S. Scalco², Rubens J. Guimarães³,
Douglas R. G. Silva⁴, João P. S. Carvalho⁵ & Vinícius A. Pereira⁶

¹ UFLA, Lavras, MG. E-mail: andersonwd10@yahoo.com.br (Autor correspondente)

² UFLA, Lavras, MG. E-mail: msscalco@deg.ufla.br

³ UFLA, Lavras, MG. E-mail: rubensjg@dag.ufla.br

⁴ UFLA, Lavras, MG. E-mail: douglasguelfi@dcs.ufla.br

⁵ UFLA, Lavras, MG. E-mail: jpcarv@yahoo.com.br

⁶ UFLA, Lavras, MG. Email: viniciusalves111@hotmail.com

Palavras-chave:

Coffea arabica L.
adubação fosfatada
fertirrigação

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar, em doses crescentes de fósforo, o efeito de lâminas de irrigação no teor foliar de fósforo de cafeeiros em estágio de primeiro ano de produção. O plantio (Topázio MG-1190) foi realizado em janeiro de 2010 e os tratamentos diferenciados a partir de novembro de 2011. Utilizou-se o delineamento experimental em blocos ao acaso com três repetições, com tratamentos dispostos no esquema fatorial 5 x 4 os quais se compunham por cinco lâminas de irrigação correspondentes às frações (0,4; 0,7; 1,0; 1,3 e 1,6) da lâmina calculada pelo coeficiente de cultura e quatro doses de fósforo (0, 80, 240 e 720 kg ha⁻¹). Foi utilizado o sistema de irrigação por gotejamento enquanto a adubação fosfatada (monoamônio fosfato purificado) foi feita via fertirrigação, em doze parcelamentos iguais durante o ano. Foram avaliados os teores foliares de fósforo aos dois, quatro, seis, oito, dez e doze meses após o início dos tratamentos. Tanto em aplicação única de fósforo, no plantio, quanto na aplicação de doses crescentes parceladas via fertirrigação, observou-se que no primeiro ano de produção o teor foliar de fósforo de cafeeiros aumenta com aumento da lâmina de irrigação.

Key words:

Coffea arabica L.
phosphorus fertilizer application
fertigation

Phosphorus doses and irrigation on nutrition of coffee leaf

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of increasing phosphorus doses and different irrigation depths on a phosphorus content of leaf of coffee plants at the stage of first harvest. Coffee (Topázio MG-1190) orchard was planted in January 2010. The treatments were imposed after November 2011. An experimental design with randomized blocks arranged in a 5 x 4 factorial scheme with three replications was used. Treatments consisted of five irrigation depths, that corresponded to fractions (0.4; 0.7; 1.0; 1.3 and 1.6) of the depth based on the crop coefficient, and four phosphorus doses (0, 80, 240 and 720 kg ha⁻¹). A drip irrigation system was used. The phosphate fertilizer used was monoammonium phosphate that was applied via fertigation in twelve equal split applications. Leaf phosphorus content was determined at the interval of two, four, six, eight, ten, and twelve months after the application of treatments. For both single application of phosphorus at planting, as in the application of increasing doses, applied by fertigation, it was observed that, in the first year of coffee harvest, leaf content of phosphorus in coffee plants increases with increasing water depth.

INTRODUÇÃO

A irrigação permitiu a expansão das áreas cultivadas com café para regiões consideradas marginais ao seu cultivo, limitadas por altas temperaturas e escassez de chuvas. A irrigação também tem sido utilizada com sucesso nas regiões tradicionalmente produtoras em que a ocorrência de veranicos é cada vez mais frequente causando prejuízos ao cafeeiro. Esta tecnologia garante o suprimento adequado de água em períodos críticos de necessidade hídrica, além de maximizar a eficiência na aplicação de fertilizantes via fertirrigação.

Crerios diferenciados de manejo da irrigação devem ser adotados de acordo com a região na qual a tecnologia é aplicada. Para determinação da lâmina de irrigação a ser aplicada utiliza-se o coeficiente de cultura (Kc) que acrescenta, ao cálculo da irrigação, parâmetros particulares do cultivo, como as características fitotécnicas da cultura, aspectos de manejo do solo e o clima local, de vez que podem proporcionar um manejo mais adequado para cada condição de clima, solo e planta.

Na cafeicultura brasileira grandes quantidades de nutrientes são demandadas. O café é uma das culturas nas quais mais se aplica fertilizantes na proporção de 790 kg por cada hectare

plantado enquanto que, para soja, milho, algodão e cana, esses valores são 391; 353; 1.109; 429, respectivamente. Dentre os nutrientes mais aplicados está o fósforo cujo consumo foi de 4.325.381 t no país (ANDA, 2012).

A eficiência de utilização de fertilizantes na cafeicultura ainda pode, entretanto, aumentar. Resultados recentes de pesquisas apontam que condições adequadas de umidade favorecem a absorção de nutrientes, em especial daqueles cujo mecanismo principal de transporte no solo é a difusão, como é o caso do fósforo (Costa et al., 2006; Oliveira et al., 2010). Assim, o uso da irrigação e da fertirrigação é uma das formas de maximizar a disponibilidade de fósforo no solo para que seja aproveitado de forma eficiente pelo cafeeiro (Scalco et al., 2014).

Alguns autores (Bastos et al., 2008; Broggi et al., 2010) destacam que as condições que favorecem a absorção de P são o crescimento radicular abundante da cultura e a maior disponibilidade, além de níveis adequados de umidade no solo.

Segundo Zanini et al. (2007) o aumento na distribuição de fósforo no solo utilizando-se fertirrigação por gotejamento, ocorre de maneira mais expressiva haja vista que a irrigação provoca aumento na umidade em uma faixa estreita saturando os sítios de fixação próximos ao ponto de aplicação; esses autores relatam, ainda, que o fósforo aplicado via fertirrigação pode alcançar de 30 a 40 cm de expansão lateral em relação ao local de aplicação e cerca de 40 cm de profundidade, fato que não ocorre em aplicações superficiais sem fertirrigação, como as realizadas em cafeeiros em regime de sequeiro.

Observou-se, em trabalho de Aquino et al. (2012) com a cultura do algodoeiro, que os tratamentos que recebiam irrigação apresentavam maior conteúdo foliar de P atribuindo, à irrigação, o aumento da eficiência de absorção deste nutriente.

Em lavouras de café este aspecto ainda é pouco explorado pela pesquisa carecendo, portanto, de resultados que comprovem a eficiência desta técnica para a cultura, tendo em vista as diferentes fontes utilizadas, diversidade de clima e de solo e as peculiaridades das diferentes cultivares. Supõe-se que exista uma absorção maior deste nutriente e mesmo um efeito diferenciado na eficiência de aplicação em função da dose aplicada e da disponibilidade hídrica do solo, o que pode refletir no desenvolvimento vegetativo e reprodutivo do cafeeiro.

Em experimentos conduzidos por Reis et al. (2011) em lavouras cafeeiras irrigadas foi possível obter aumentos significativos de produtividade (138%) com aplicações de até 400 kg ha⁻¹ de P₂O₅, comprovando a eficiência da água na absorção de fósforo pela cultura.

Em função dos resultados encontrados em pesquisas recentes sobre a interação do fósforo e disponibilidade hídrica do solo objetivou-se, neste trabalho, avaliar o efeito de diferentes lâminas de irrigação e doses crescentes de fósforo no teor foliar de fósforo de cafeeiros em primeiro ano de produção.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Setor de Cafeicultura do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras,

em Lavras, sul de Minas Gerais. O município está localizado a 910 m de altitude, latitude 21° 14' 06" Sul e longitude de 45° 00' 00" Oeste. O clima é classificado como Cwa, temperado com inverno seco e verão chuvoso. A precipitação anual média é de 1.460 mm, com a maior e a menor precipitação mensal normal de 321 mm em janeiro e 7 mm em julho, respectivamente; a temperatura média anual é de 20,4 °C, variando de 17,1 °C em julho a 22,8 °C em fevereiro; a evapotranspiração potencial (ETP) e a evapotranspiração real (ETR) variam de 899 a 956 mm e de 869 a 873 mm, respectivamente (Dantas et al., 2007).

Foi utilizada a cultivar de *Coffea arabica* L. Topázio MG 1190, com plantio na segunda quinzena de janeiro de 2010 cujos tratamentos foram diferenciados em 01/11/2011.

O solo da área onde foi montado o experimento foi classificado como Latossolo vermelho distroférrico, de textura argilosa (EMBRAPA, 2006). Antes do início dos tratamentos a área experimental apresentava em média 55,3 mg dm⁻³ de P₂O₅ (extrator Mehlich 1) na camada de 0 – 20 cm e 7,6 mg dm⁻³ na camada de 20 – 40 cm.

Por ocasião do plantio das mudas em campo foram aplicados e incorporados ao solo 100 g de calcário por metro linear de sulco e trinta dias após foram aplicados 50% da dose recomendada de fósforo por Guimarães et al. (1999), equivalente a 25 g de P₂O₅ por cova; dez meses após o plantio foram aplicados, via fertirrigação, os 50% restantes da dose de fósforo, juntamente com 20 g cova⁻¹ de N e 20 g cova⁻¹ de K₂O.

Os micronutrientes foram aplicados via foliar, segundo as recomendações de Guimarães et al. (1999), utilizando-se: ácido bórico (17% de B), sulfato de zinco (20% de Zn e 9% de S), cloreto de potássio (56% de K₂O) e espalhante adesivo.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com três repetições, sendo os tratamentos dispostos em esquema fatorial 5 x 4, ou seja, cinco lâminas de irrigação baseadas nas frações de 0,4; 0,7; 1,0; 1,3 e 1,6 do coeficiente de cultura (Kc) e quatro doses de P₂O₅, sendo zero (aplicação de fósforo somente na ocasião do plantio), 80 kg ha⁻¹, que é a recomendação de Guimarães et al. (1999) para produtividades de 60 scs ha⁻¹, 240 e 720 kg de P₂O₅ ha⁻¹.

As parcelas foram constituídas por três linhas de 13 plantas, sendo consideradas úteis as 11 plantas centrais da linha central por se tratar de um experimento que envolve adubação e aplicação de lâminas diferenciadas de irrigação; o espaçamento utilizado foi de 3,0 m entre linhas de plantio e 0,6 m entre plantas. As lâminas aplicadas foram calculadas pela Eq. 1:

$$LI = (ETo \cdot Kc) \cdot Ki - PE \quad (1)$$

sendo:

Li - lâmina, em mm, a ser aplicada no tratamento i (com i = 1, 2, 3, 4 e 5)

ETo - valor acumulado da evapotranspiração de referência calculado pelo método de Hargreaves, no período entre duas irrigações sucessivas

Kc - coeficiente de cultura do cafeeiro

Ki - fração aplicada da evapotranspiração ótima acumulada

PE - precipitação efetiva acumulada ocorrida no período entre duas irrigações sucessivas

O Kc do cafeeiro foi determinado pela metodologia de Villa-Nova et al. (2002) que é baseada na estimativa da transpiração da planta em função de variáveis climáticas e fitotécnicas (área foliar, densidade de plantio e manejo de plantas daninhas). A fração aplicada da evapotranspiração ótima acumulada da lavoura foi estimada pela metodologia de Villa-Nova et al. (2002) utilizada para definir os tratamentos de lâminas de irrigação

Estabeleceu-se, para as condições deste estudo, o seguinte critério: se a precipitação total fosse menor que 0,5 mm d⁻¹, então o valor de PE = 0; se a precipitação total fosse maior que 0,5 mm d⁻¹, então PE = 0,6 da precipitação total.

Os cálculos das irrigações pelo balanço hídrico climatológico foram realizados em planilhas específicas considerando-se as características de clima da área experimental, monitoradas constantemente por estação meteorológica instalada na área.

O sistema de irrigação utilizado foi o gotejamento com gotejadores (vazão nominal de 3,75 L h⁻¹) espaçados a 0,40 m na linha de irrigação, localizados rente ao caule das plantas na linha de plantio, formando um bulbo molhado envolvendo o sistema radicular; as irrigações foram realizadas três vezes por semana (segundas-feiras, quartas-feiras e sextas-feiras) obedecendo a um turno de rega fixo.

Aos 22 meses após o plantio foram iniciados os tratamentos de doses de fósforo combinados com as diferentes lâminas de irrigação. As doses de fósforo foram parceladas em doze aplicações, via fertirrigação (Sobreira et al., 2011), juntamente com a adubação de nitrogênio e potássio, seguindo as recomendações de Guimarães et al. (1999).

Como fertilizantes foram utilizadas as seguintes fontes solúveis de nutrientes: MAP purificado (11,9% de N e 60,8% de P₂O₅) como fonte de nitrogênio e fósforo, nitrato de potássio (13% de N e 44% de K₂O), como fonte de nitrogênio e potássio e ureia (45% de N) como fonte complementar de nitrogênio.

Em intervalos de dois meses a partir do início dos tratamentos foram amostradas folhas para determinação do teor foliar de P em todos os tratamentos de lâminas e doses de P₂O₅ (janeiro, março, maio, julho, setembro, novembro). Para tanto foi coletado o 4º par de folhas as quais foram contadas a partir

do ápice de ramos plagiotrópicos produtivos, localizados na região mediana das plantas e as determinações dos teores foliares de P feitas conforme metodologia proposta por Malavolta et al. (1997).

Os dados obtidos nas avaliações foram submetidos à análise de variância e, na presença de diferenças significativas entre doses de P₂O₅, lâminas de irrigação e na interação de lâminas com doses para os teores foliares de fósforo foram realizados estudos por regressão. As análises foram realizadas utilizando-se o software SISVAR (Ferreira, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores mensais das lâminas de irrigação correspondentes às diferentes frações do Kc, os valores do Kc, as precipitações e as temperaturas médias, são apresentados na Tabela 1.

Observaram-se efeitos significativos na interação entre lâminas de irrigação e doses de P₂O₅ para os teores foliares de fósforo (P), em alguns dos meses avaliados. Foi então realizado o desdobramento de lâminas dentro de cada dose aplicada em cada mês; as equações de regressão e os valores de R² podem ser observados na Tabela 2.

Para os teores foliares na dose zero de P, ou seja, aplicação somente na ocasião do plantio constatou-se diferença significativa apenas no mês de janeiro apresentando um efeito linear, ou seja, à medida que se aumentam as lâminas de irrigação em função do aumento da fração do Kc, os teores foliares de fósforo também aumentam (Figura 1A, Tabela 2).

O fato de haver interação entre doses de fósforo e lâminas de irrigação no tratamento de dose zero (aplicação de fósforo só na ocasião do plantio) apenas no mês de janeiro pode ser explicado pela alta precipitação ocorrida nos meses de dezembro (465 mm) e janeiro (495 mm) as quais proporcionaram, somadas às irrigações realizadas neste período, maior armazenamento de água no solo aumentando a mobilidade do fósforo e facilitando o processo de absorção pelas plantas; desta forma, o fósforo aplicado no plantio pode ter sido disponibilizado para as plantas na presença de maior umidade do solo enquanto aplicações de maiores doses, também em função da grande disponibilidade de água (janeiro) se tornaram igualmente disponíveis resultando em teores foliares semelhantes (sem diferença significativa).

Tabela 1. Lâminas aplicadas, Kc, precipitação ocorrida e temperaturas médias mensais no experimento

Mês/ano	Lâminas aplicadas (mm)					Kc	Precipitação (mm)	Temperatura média (°C)
	0,4 Kc	0,7 Kc	Kc	1,3 Kc	1,6 Kc			
Nov./11	12,6	22,1	31,6	41,1	65,7	0,773	120,0	19,8
Dez./11	2,2	3,8	5,4	7,0	11,2	0,789	467,2	21,1
Jan./12	7,8	13,6	19,4	25,2	40,3	0,808	495,9	20,8
Fev./12	18,1	31,6	45,2	58,7	94,0	0,827	96,8	22,4
Mar./12	13,5	23,6	33,7	43,8	70,0	0,847	127,2	21,9
Abr./12	13,3	23,2	33,1	43,1	68,9	0,869	42,4	20,6
Mai./12	14,6	25,5	36,5	47,4	75,9	0,892	42,2	16,9
Jun./12	11,1	19,3	27,6	35,9	57,5	0,917	84,6	17,3
Jul./12	20,7	36,1	51,6	67,1	107,4	0,967	15,4	16,3
Ago./12	20,6	36,1	51,5	67,0	107,2	0,961	0,0	16,6
Set./12	22,4	39,2	56,0	72,7	116,4	0,851	17,8	20,7
Out./12	16,0	27,9	39,9	51,9	83,0	0,852	58,2	22,8
Total	172,6	302,0	431,5	560,9	897,4		1565,4	

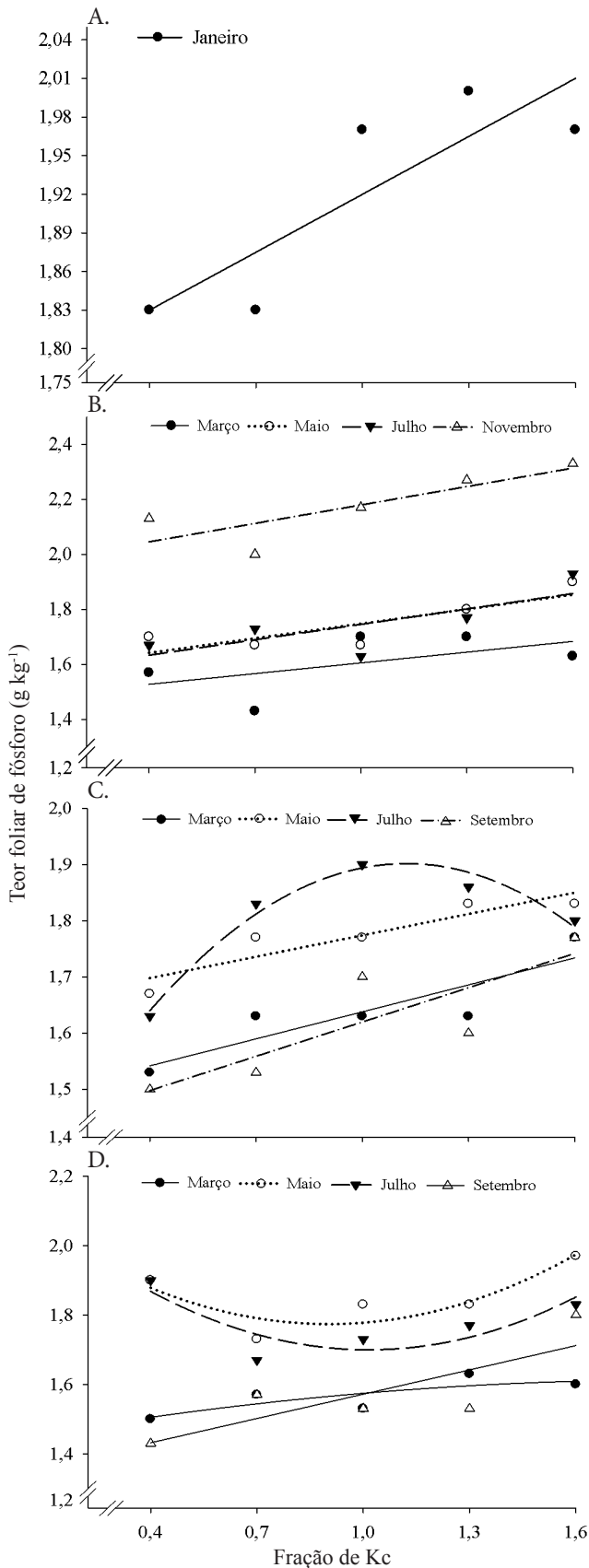


Figura 1. Teores foliares de fósforo na dose zero de fósforo (A), dose de 80 kg ha⁻¹ (B), dose de 240 kg ha⁻¹ (C) e na dose de 720 kg ha⁻¹ (D) em função de lâminas de irrigação baseadas em diferentes frações do coeficiente de cultura

Tabela 2. Equações de regressão relativas aos teores foliares de fósforo das doses avaliadas em função das lâminas de irrigação nos diferentes períodos

Mês	Equação de regressão	R ²
Dose 0		
Janeiro	$y = 1,776 + 0,144 x$	0,7284
Dose 80 kg ha ⁻¹		
Março	$y = 1,473 + 0,133 x$	0,3214
Maió	$y = 1,569 + 0,178 x$	0,6882
Julho	$y = 1,558 + 0,189 x$	0,5874
Novembro	$y = 1,967 + 0,223 x$	0,6843
Dose 240 kg ha ⁻¹		
Março	$y = 1,484 + 0,156 x$	0,7903
Maió	$y = 1,640 + 0,130 x$	0,8571
Julho	$y = 1,272 + 1,128 x - 0,503 x^2$	0,9764
Setembro	$y = 1,420 + 0,200 x$	0,7168
Dose 720 kg ha ⁻¹		
Março	$y = 1,478 + 0,089 x$	0,6400
Maió	$y = 2,100 - 0,710 x + 0,400 x^2$	0,7710
Julho	$y = 2,150 - 0,910 x + 0,450 x^2$	0,7104
Setembro	$y = 1,340 + 0,230 x$	0,6602

Nas doses de P estudadas de 80, 240 e 720 kg ha⁻¹ verificou-se efeito significativo das lâminas de irrigação constatando-se predominância do efeito linear nos teores foliares de fósforo, em função do seu aumento.

Os maiores teores ocorridos em função do aumento nas frações do Kc que, conseqüentemente, proporcionaram maiores aplicações de água, podem ter ocorrido pela maior mobilidade (transporte) deste nutriente no solo, conforme relatos de Costa et al. (2006); Zanini et al. (2007); Bastos et al. (2008); Broggi et al. (2010); Oliveira et al. (2010); Reis et al. (2011) e Aquino et al. (2012).

Na dose de 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅ houve diferenças significativas nos teores foliares nos meses de março, maio, julho e novembro, evento observado na Figura 1B.

Devido à sua forma de absorção (difusão), a extração de fósforo da solução do solo está diretamente ligada à quantidade de água disponível no sistema de modo que a água funciona como meio de transporte do elemento do solo para as raízes.

Na dose de 240 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (Figura 1C) foram observadas diferenças significativas nos teores foliares de fósforo nos meses de março, maio, julho e setembro; apenas para o mês de julho se verificou efeito quadrático nos teores, em função das lâminas de irrigação; o teor foliar de P aumentou atingindo o valor máximo de 1,9 g kg⁻¹ na lâmina correspondente a 1,12 do Kc, referente à lâmina de 58 mm aplicados neste mês; supõe-se que neste período tenham ocorrido outras influências não controladas de ambiente que poderiam explicar o maior teor de fósforo com 1,12 do Kc; nos demais meses foi verificado efeito linear, como observado na Figura 1C.

Para a dose máxima estudada (720 kg ha⁻¹ de P₂O₅) foram observadas diferenças significativas nos teores foliares de fósforo, em função das lâminas de irrigação nos meses de março, maio, julho e setembro (Figura 1D); observou-se, nesta dose, nos meses de maio e julho, efeito quadrático das lâminas, ou seja, os teores foliares de fósforo decresceram sempre que as lâminas de irrigação aumentaram até a lâmina baseada em 0,89 do Kc no mês de maio (32,5 mm) e 1,01 do Kc no mês de

julho (52,1 mm) alcançando valores de 1,78 e 1,69 g kg⁻¹ de P nos meses de maio e julho, respectivamente.

A partir de então, ocorre novo aumento dos teores foliares até a lâmina máxima aplicada. Pode ser que nesses meses tenha havido quaisquer outras influências não controladas de ambiente (como temperatura, por exemplo) que possam ter provocado tendência quadrática nos teores foliares de fósforo.

Nos meses de março e setembro ocorreram, na dose de 720 kg ha⁻¹, incrementos constantes em função do aumento das frações do Kc e, em consequência, maiores lâminas de irrigação foram descritas pelo modelo linear, resultado este semelhante ao de Costa et al. (2006) e Oliveira et al. (2010) que comprovaram que em condições adequadas de umidade a absorção de nutrientes é facilitada, em especial aqueles cujo mecanismo principal de transporte no solo é a difusão, como é o caso do fósforo.

Neste trabalho, as constatações são suportadas também pelo trabalho de Miola et al. (2000) que, estudando o transporte de P em seis tipos de solo com teores de argila variando de 50 a 570 g kg⁻¹, verificaram, em reduções na umidade do solo da condição de saturação para aproximadamente 75% da porosidade total, redução média de vinte vezes o fluxo difusivo de P.

Como na dose zero de fósforo, a aplicação de maiores doses proporcionou aumentos nos teores foliares do nutriente à medida que se aumentam as lâminas de irrigação aplicadas indicando, portanto, aumento da eficiência da absorção de fósforo com a presença de maior umidade no solo porém em doses acima de 80 kg ha⁻¹ um efeito mais acentuado das lâminas de irrigação foi verificado nos meses com menores índices de chuva levando a crer que quando são aplicadas quantidades maiores de fósforo no solo, o cafeeiro atinge maior eficiência na absorção deste nutriente com utilização da irrigação.

A maior eficiência na absorção em períodos de menor precipitação não foi observada quando a aplicação de P₂O₅ foi feita apenas no plantio (dose zero) ou seja, em doses menores de fósforo não há melhoria na eficiência de absorção pelas plantas em virtude, possivelmente, da menor disponibilidade deste nutriente na solução do solo mas em altas doses aplicadas parceladamente via fertirrigação a irrigação passa a ter importante influência na otimização do processo de absorção de P.

Esses resultados corroboram com os relatos de Rezende et al. (2010) e Scalco et al. (2014) de que a utilização da fertirrigação potencializa a absorção de nutrientes pelo cafeeiro, dentre eles o fósforo, facilitando sua movimentação no perfil do solo e melhorando seu aproveitamento pelas plantas.

Reis et al. (2011) verificaram, em Planaltina, DF, avaliando doses crescentes de fósforo (0, 50, 100, 200 e 400 kg ha⁻¹) em cafeeiros irrigados, que aumentos nas doses de fósforo no estágio produtivo das plantas, influenciam em seus teores foliares embora os autores tenham verificado que esses teores se estabilizaram em 1,98 g kg⁻¹ em uma dose de 240 kg ha⁻¹, enquanto no presente estudo o teor foliar de fósforo aumentou linearmente até a dose de 720 kg ha⁻¹.

Os resultados obtidos neste trabalho são indicativos de um aumento no potencial produtivo do cafeeiro de vez que o fósforo é de extrema importância no metabolismo das plantas, atuando

nos processos de geração de energia e desempenhando papéis fundamentais na fotossíntese, respiração e divisão celular.

CONCLUSÕES

1. Maiores lâminas de irrigação aplicadas no cafeeiro aumentam o teor foliar desse nutriente.

2. A dose de 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na lâmina correspondente a 1,6 do Kc (897,4 mm acumulados) para o mês de novembro proporcionou maior teor foliar de P (2,32 g kg⁻¹) no cafeeiro em primeiro ano de produção.

AGRADECIMENTOS

À FAPEMIG, pelo financiamento do projeto de pesquisa; à CAPES, pelo fornecimento de bolsa de estudos de mestrado e à Universidade Federal de Lavras, pelo auxílio nas pesquisas.

LITERATURA CITADA

- ANDA - Associação Nacional para Difusão de Adubos. Anuário estatístico do setor de fertilizantes. São Paulo: ANDA, 1986-2012. 2012. 176p.
- Aquino, L. A. de. Aquino, R. F. B. A.; Silva, T. C.; Santos, D. F. dos, Berger, P. G. Aplicação do fósforo e da irrigação na absorção e exportação de nutrientes pelo algodoeiro. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.16, p.355-361, 2012.
- Bastos, A. L.; Costa, J. P. V.; Silva, I. F.; Raposo, R. W. C.; Souto, J. S. Influência de doses de fósforo no fluxo difusivo em solos de Alagoas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.12, p.136-142, 2008.
- Broggi, F.; Oliveira, A. C.; Freire, F. J.; Freire, M. B. G.; Nascimento, C. W. A. Adsorção e extração química de fósforo em função do tempo de incubação do solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.14, p.32-38, 2010.
- Costa, J. P. V.; Barros, N. F.; Albuquerque, A. W.; Moura Filho, G.; Santos, J. R. Fluxo difusivo de fósforo em função de doses e da umidade do solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.10, p.828-835, 2006.
- Dantas, A. A. A.; Carvalho, L. G.; Ferreira, E. Classificação e tendências climáticas em Lavras, MG. *Ciência e Agrotecnologia*, v.31, p.1862-1866, 2007.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2006. 306p.
- Ferreira, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, v.35, p.1039-1042, 2011.
- Guimarães, P. T. G.; Garcia, A. W. R.; Alvarez V., H.; Prezotti, L. C.; Viana, A. S.; Miguel, A. E.; Malavolta, E.; Corrêa, J. B.; Lopes, A. S.; Nogueira, F. D.; Monteiro, A. V. C. Cafeeiro. In: Ribeiro, A. C.; Guimarães, P. T. G.; Alvares, V. H. Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5a. aproximação. Viçosa: UFV, 1999. Cap.18, p.289-302.
- Malavolta, E.; Vitti, G. C.; Oliveira, S. A. Princípios, métodos e técnicas de avaliação do estado nutricional. In: Malavolta, E. (ed). Avaliação do estado nutricional de plantas: Princípios e aplicações. 2.ed. Piracicaba: Potafos, 1997. p.115- 230.

- Miola, G. L.; Tedesco, M. J.; Flávio, C. G.; Camargo, A. O. Teor de água no solo na extração de fósforo por papel filtro impregnado com óxido de ferro. *Ciência Rural*, v.30, p.721-723, 2000.
- Oliveira, E. M. M.; Ruiz, H. A.; Alvarez, V. H.; Ferreira, P. A.; Costa, F. O.; Almeida, I. C. C. Nutrient supply by mass flow and diffusion to maize plant in response to soil aggregate size and water potential. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.34, p.317-327, 2010.
- Reis, T. H. P.; Guimarães, P. T. G.; Furtini Neto, A. E.; Guerra, A. F.; Curi, N. Dinâmica do fósforo no solo, disponibilidade e produtividade do cafeeiro irrigado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.35, p.503-512, 2011.
- Rezende, R.; Helber Júnior, C.; Souza, R. S. de.; Antunes, F. M.; Frizzone, J. A. Crescimento inicial de duas cultivares de cafeeiro em diferentes regimes hídricos e dosagens de fertirrigação. *Engenharia Agrícola*, v.30, p.447-458, 2010.
- Scalco, M. S.; Alvarenga, L. A.; Guimarães, R. J.; Dominghetti, A. W.; Colombo, A.; Assis, G. A.; Abreu, G. F. Teores foliares de fósforo e zinco, produtividade e crescimento de café irrigado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.49, p.95-101, 2014.
- Sobreira, F. M.; Guimarães, R. J.; Colombo, A.; Scalco, M. S.; Carvalho, J. G. Adubação nitrogenada e potássica de cafeeiro fertirrigado na fase de formação, em plantio adensado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.46, p.9-16, 2011.
- Villa-Nova, N. A.; Favarin, J. L.; Angelocci, L. R.; Dourado Neto, D. Estimativa do coeficiente de cultura do cafeeiro em função de variáveis climatológicas e fitotécnicas. *Bragantia*, v.61, p.81-86, 2002.
- Zanini, J. R.; Barreto, A. K. G.; Forato, L. C.; Natale, W. Distribuição de fósforo no bulbo molhado, aplicado via fertirrigação por gotejamento com ácido fosfórico. *Engenharia Agrícola*, v.27, p.180-193, 2007.