

Alterações morfológicas em clones de cafeeiro conilon submetidos a níveis de fósforo

Morphological changes in conilon coffee clones submitted to phosphorus levels

L. D. Martins; M. A. Tomaz; J. F. T. Amaral; L. F. Christo; W. N. Rodrigues;
T. V. Colodetti; S. V. B. Brinati

Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, 29500-000, Alegre-ES, Brasil

deleon_lima@hotmail.com

(Recebido em 19 de dezembro de 2012; aceito em 16 de abril de 2013)

O fósforo desempenha funções primordiais no metabolismo e na fisiologia das plantas. Sendo assim, objetivou-se avaliar a influência dos níveis de adubação fosfatada na morfologia de clones de café conilon. O experimento consistiu em esquema fatorial 13 x 4, com três repetições, sendo os fatores: 13 clones da cultivar clonal 'Vitória Incaper 8142', e quatro níveis de adubação fosfatada (0, 50, 100 e 150% do recomendado de P_2O_5), em um delineamento inteiramente casualizado. Analisou-se altura de plantas, diâmetro de caule, área foliar, volume e comprimento de raiz. À medida que houve acréscimo nos níveis de fósforo no solo, ocorreu aumento nos valores de todas as variáveis analisadas para a cultivar 'Vitória Incaper 8142'. Contudo, houve comportamento diferenciado entre os clones em função dos níveis de fósforo.

Palavras-chave: *Coffea canephora*; fósforo; morfologia

Phosphorus performs primary functions in the metabolism and physiology of plants. Therefore, the objective of this study was to evaluate the influence of levels of phosphorus over the morphology of clones of conilon coffee trees. The experiment consisted of a 13 x 4 factorial scheme, with three replications, with the factors: 13 clones of the clonal cultivar 'Vitória Incaper 8142', and four levels of phosphorus fertilization (0, 50, 100 and 150% of the recommended P_2O_5) in a completely randomized design. Plant height, stem diameter, leaf area, length and volume of roots analysis were performed. The increase in the levels of phosphorus in the soil caused an increase in the values of all variables for the cultivar 'Vitória Incaper 8142'. However, there were different behaviors among the clones according to the levels of phosphorus.

Keywords: *Coffea canephora*; phosphorus; morphology

1. INTRODUÇÃO

Originário das florestas equatoriais e bosques do Congo, centro-oeste da África, o *Coffea canephora* veio ganhando destaque em diversas regiões do mundo, principalmente as quentes e úmidas, passando a ser cultivado na África Ocidental e Central, Sudoeste da Ásia e Américas. No Brasil, o seu cultivo ocorreu geralmente em altitudes inferiores a 500 m, e temperaturas médias de 22-26°C, onde hoje é produzido 30% da produção nacional de café, sendo Espírito Santo e Rondônia os principais produtores, com 87% da produção do café robusta brasileiro^{6,11}.

Estabelecido no território brasileiro, o cafeeiro conilon passou por diversos processos de melhoramento, os quais permitiram o desenvolvimento de diversas cultivares, com características agrônômicas de interesse²⁴. Dentre essas, a cultivar clonal de café conilon 'Vitória Incaper 8142', constituída por treze clones considerados superiores, vem se destacando por apresentar diversas características desejáveis, principalmente, elevada produtividade.

Com o intuito de estimar os parâmetros genéticos e não genéticos de café conilon, em 40 clones elites do programa de melhoramento de café conilon do INCAPER, Ferrão et al.¹⁰ relatam a existência de variabilidade genética entre os genótipos, evidenciando, assim, comportamentos diferenciados dos materiais genéticos nos diferentes locais e anos estudados, indicando a necessidade de atenção nas variações temporais, na estratificação de ambientes e nos estudos de adaptabilidade e estabilidade de genótipos para diferentes condições de solo e clima.

Com relação ao solo e sua fertilidade, sabe-se que a disponibilidade de fósforo é indispensável para que a planta desenvolva seu ciclo. A nutrição fosfatada no estágio inicial proporciona uma marcante resposta das plantas¹⁷. Esta resposta pode estar relacionada ao papel do P na síntese de proteínas, por constituir nucleoproteínas necessárias à divisão celular, atuar no processo de absorção iônica, além de ter grande importância sobre o desenvolvimento do sistema radicular e na síntese de ATP, fornecendo assim, energia para o transporte de assimilados, armazenamento e transferência de energia, aumento das células e na transferência de informações genéticas²¹.

Porém, esse nutriente nem sempre está disponível à planta, uma vez que os teores no solo são relativamente baixos, pois sua fixação na maioria dos solos é elevada, principalmente em solos ricos em sesquióxidos de ferro e ou de alumínio e ácidos²¹, como é o caso de boa parte dos solos brasileiros.

Sendo assim, objetivou-se neste trabalho avaliar a influência dos níveis de adubação fosfatada na morfologia de clones de cafeeiro conilon, em condição de casa de vegetação.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, na latitude de 20°45' S, longitude de 41°33' W e altitude média de 277,41 metros.

O solo utilizado foi coletado a uma profundidade de 10 a 40 cm, descartando-se os primeiros 10 cm do perfil do solo com o intuito de reduzir o efeito da matéria orgânica presente na camada superficial do perfil do solo. Uma amostra deste solo foi encaminhada ao laboratório para análises química e física (Tabela 1), sendo o mesmo caracterizado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico de textura argilosa⁷.

Tabela 1: Atributos físicos e químicos do solo utilizado como substrato.

Atributos	LVAarg
Areia (g kg ⁻¹) ¹	552,40
Silte (g kg ⁻¹) ¹	43,60
Argila (g kg ⁻¹) ¹	403,40
Densidade do solo (kg dm ⁻³) ²	1,20
pH ³	5,40
P (mg dm ⁻³) ⁴	2,00
K (mg dm ⁻³) ⁵	93,0
Ca (cmolc dm ⁻³) ⁶	1,70
Mg (cmolc dm ⁻³) ⁶	1,10
Al (cmolc dm ⁻³) ⁶	0,00
H+Al (cmolc dm ⁻³) ⁶	2,10
Soma de Bases (cmolc dm ⁻³)	3,37
CTC potencial (cmolc dm ⁻³)	5,45
CTC efetiva (cmolc dm ⁻³)	3,37
Saturação por bases (%)	61,80

1. Método da pipeta (agitação lenta); 2. Método da proveta; 3. pH em água (relação 1:2,5); 4. Extraído por Mehlich 1 e determinado por colorimetria; 5. Extraído por Mehlich 1 e determinado por fotometria de chama; 6. Extraído com cloreto de potássio 1 mol L⁻¹ e determinado por titulometria⁸.

Após a caracterização, todo o volume de solo foi seco à sombra e homogeneizado em peneira de malha 2,0 mm. Posteriormente, foi determinada a densidade do solo, sendo este separado em amostras de volume de 10 dm³, por meio de pesagem em balança de precisão, e acondicionado em vasos plásticos selados, com capacidade de 14 litros.

O experimento foi instalado em esquema fatorial 13x4, com três repetições, sendo os fatores: 13 clones que compõem a cultivar clonal 'Vitória Incaper 8142' (CV-01, CV-02, CV-03, CV-04, CV-05, CV-06, CV-07, CV-08, CV-09, CV-10, CV-11, CV-12 e CV-13) e quatro níveis de adubação fosfatada (0, 50, 100 e 150% do recomendado de P_2O_5), em um delineamento inteiramente casualizado (DIC). A recomendação foi de acordo com o proposto por Lani et al.¹⁶. A parcela experimental foi constituída de uma muda de cada genótipo por vaso.

Os níveis de P_2O_5 correspondentes a cada parcela experimental foram aplicados na forma de sais p.a. (KH_2PO_4), diluídos em água destilada e homogeneizados totalmente ao volume de solo no vaso. Os níveis aplicados nas parcelas, referentes a 0, 50, 100 e 150% do recomendado de P_2O_5 para a cultura, segundo Lani et al.¹⁶, consistiram de 0; 3,15; 6,30 e 9,45 g de P_2O_5 vaso⁻¹.

Após a aplicação dos níveis de P_2O_5 , efetuou-se o plantio das mudas de café conilon, que foram fornecidas pelo Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural – INCAPER, produzidas na Fazenda Experimental de Marilândia-ES.

A quantidade de potássio fornecida a todas as parcelas foi o equivalente a 5,20 g por vaso de K_2O . A adubação nitrogenada, com NH_2CONH_2 p.a., foi realizada segundo Lani et al.¹⁶. O nitrogênio diluído em água destilada foi aplicado em superfície, de forma circular, a 10 cm do coleto da planta. A adubação (17,3 g de nitrogênio por vaso) foi dividida em cinco aplicações, sendo a primeira no dia do plantio e as demais, periodicamente, aos 30, 60, 90 e 120 dias após o plantio.

A irrigação foi realizada diariamente, mantendo-se umidade constante para todas as unidades experimentais através de pesagens periódicas. O manejo fitossanitário e de plantas indesejáveis foram realizados quando necessários.

Aos 150 dias de cultivo efetuou-se a mensuração das variáveis morfológicas, realizando avaliações de altura de planta (AP), diâmetro de caule (DC), área foliar (AF), volume de raízes (VR) e comprimento de raiz (CR).

A altura de planta foi obtida por meio de uma régua graduada, medindo-se do colo até o meristema apical do ramo ortotrópico, e expressando o valor em centímetros; o diâmetro do caule foi obtido por meio de paquímetro de precisão, medindo-se a região do colo, sendo expresso em milímetros. Para a estimativa da área foliar, utilizou-se o método de Barros et al.³, confirmado por Gomide et al.¹⁵, no qual se obteve um retângulo circunscrito aos limbos foliares, ajustados pela equação $Y = 0,6670 * X$, onde Y representa a área foliar, e X a área do retângulo circunscrito ao limbo foliar, obtido pelo produto entre o maior comprimento e a maior largura da folha, desde que estas não possuam comprimento inferior a 2,5 centímetros.

O volume de raiz foi obtido por meio de diferença de volume de água, utilizando uma proveta graduada. Para isso, as raízes foram retiradas do solo, lavadas em água corrente e enxugadas em papel toalha para efetuar a medição de volume. Após a avaliação do volume, enxugaram-se novamente as mesmas em papel toalha, retirando-se uma amostra de aproximadamente 5% do peso fresco, para fazer a estimativa de comprimento total radicular pelo método da intercepção de linha descrita por Tennant²⁶. Após medição, fez-se a conversão para 100% tendo-se o comprimento radicular total da planta.

Os dados foram submetidos à análise de variância ($p \leq 0,05$), utilizando-se o programa estatístico SISVAR¹² e, quando significativos, foi utilizado o teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$) para os fatores qualitativos e a análise de regressão para os fatores quantitativos. Os modelos de regressão foram escolhidos com base na significância dos coeficientes de regressão, utilizando-se o teste t de Student ao nível de 5% de probabilidade e pelo coeficiente de determinação (R^2).

3. RESULTADOS

Para as variáveis de crescimento vegetativo, altura de planta (AP), diâmetro de caule (DC) e área foliar (AF), assim como volume (VR) e crescimento de raiz (CR) de clones de café conilon, houve interação significativa entre as variáveis independentes estudadas (clones e níveis de adubação fosfatada), pela análise de variância ($p \leq 0,05$). Sendo assim, para todas as variáveis de crescimento estudadas, os treze clones de café conilon apresentam comportamento diferenciado, dentro de cada nível de adubação fosfatada (Tabela 2).

Tabela 2: Valores médios de altura de planta – AP (cm), diâmetro de caule – DC (mm) e área foliar – AF (m²) de clones de café conilon que compõem a cultivar 'Vitória Incaper 8142' para cada nível de adubação fosfatada (0, 50, 100 e 150% de P₂O₅ recomendado para a cultura).

Clone	AP	DC	AF	AP	DC	AF
	0% de P ₂ O ₅			50% de P ₂ O ₅		
CV-01	30,00 b	6,67 a	0,28 a	38,00 b	7,00 b	0,43 d
CV-02	28,00 c	3,67 d	0,08 f	31,67 d	6,67 b	0,26 h
CV-03	32,00 b	7,00 a	0,28 a	39,00 b	7,67 a	0,54 a
CV-04	34,00 b	6,67 a	0,25 b	38,00 b	7,33 a	0,28 g
CV-05	15,67 e	3,33 d	0,11 e	37,00 b	7,67 a	0,25 h
CV-06	22,33 d	5,67 b	0,18 d	35,00 c	8,00 a	0,50 b
CV-07	31,00 b	7,00 a	0,22 c	36,00 b	8,00 a	0,40 e
CV-08	31,67 b	6,33 a	0,25 b	41,00 a	7,67 a	0,33 f
CV-09	40,33 a	7,33 a	0,28 a	44,00 a	8,00 a	0,40 e
CV-10	26,00 c	6,33 a	0,20 d	33,67 c	7,67 a	0,31 f
CV-11	27,67 c	4,33 c	0,19 d	33,33 c	8,00 a	0,32 f
CV-12	24,00 d	5,33 b	0,21 c	30,00 d	6,33 b	0,24 h
CV-13	26,00 c	6,00 b	0,27 a	31,00 d	8,00 a	0,47 c
	100% de P ₂ O ₅			150% de P ₂ O ₅		
CV-01	45,00 a	8,00 b	0,45 g	62,67 a	9,33 b	0,56 d
CV-02	40,33 b	7,67 b	0,39 h	48,67 d	8,67 b	0,62 c
CV-03	37,33 c	8,33 a	0,78 a	39,00 f	10,33 a	0,94 a
CV-04	38,00 c	8,67 a	0,37 h	57,00 b	9,00 b	0,64 c
CV-05	40,33 b	8,33 a	0,38 h	53,67 c	10,33 a	0,50 d
CV-06	40,67 b	8,33 a	0,61 b	44,67 d	10,00 a	0,74 b
CV-07	43,33 a	8,33 a	0,45 g	53,33 c	9,67 a	0,60 c
CV-08	44,33 a	8,67 a	0,49 f	51,33 c	9,00 b	0,70 b
CV-09	45,33 a	9,00 a	0,45 g	53,67 c	10,00 a	0,52 d
CV-10	36,67 c	8,67 a	0,53 d	48,33 d	10,33 a	0,77 b
CV-11	38,67 c	8,33 a	0,48 f	47,33 d	9,67 a	0,66 c
CV-12	37,00 c	7,67 b	0,51 e	42,67 e	8,67 b	0,62 c
CV-13	39,67 b	8,33 a	0,54 c	46,00 d	9,33 b	0,64 c

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

Observou-se para os valores médios de AP, a formação de cinco grupos no nível 0% de adubação fosfatada, quatro grupos no nível de 50%, três grupos ao nível de 100% e sete grupos, significativamente distintos, ao nível de 150% de recomendação de P₂O₅ (Tabela 2).

Para o nível 0% de adubação fosfatada, que o clone CV-09 obteve a maior altura, figurando assim o grupo de médias superiores. O segundo grupo é composto pelos clones CV-01, CV-03, CV-04, CV-07 e CV-08. Os clones CV-02, CV-10, CV-11 e CV-13 formaram o terceiro grupo de médias de AP. O quarto grupo é composto pelos clones CV-06 e CV-12. O clone CV-05 constituiu o grupo inferior de médias de AP (Tabela 2).

Para o nível de 50% da adubação fosfatada, os clones CV-08 e CV-09 constituem o grupo significativamente superior para AP. O segundo grupo é composto pelos clones CV-01, CV-03, CV-04, CV-05 e CV-07. No terceiro grupo, alocam-se os clones CV-06, CV-10 e CV-11. As médias inferiores de AP são obtidas pelos clones CV-02, CV-12 e CV-13 (Tabela 2), para este nível de adubação.

Verifica-se, no nível de 100% da recomendação de P₂O₅, que os clones CV-01, CV-07, CV-08 e CV-09, apresentam altura superior aos demais, formando, assim, o grupo superior de médias. No segundo grupo se alocam os clones CV-02, CV-05, CV-06 e CV-13. O grupo de médias inferiores, aos demais, para a variável altura de plantas, é composto pelos clones CV-03, CV-04, CV-10, CV-11 e CV-12 (Tabela 2).

Para o nível de 150% do recomendado de P₂O₅, o clone CV-01 apresenta valor médio elevado de AP, alocando-se no grupo superior. O segundo grupo é constituído apenas pelo CV-04. O terceiro grupo é composto pelos clones CV-05, CV-07, CV-08 e CV-09, e o quarto grupo distinto de médias de AP, é composto pelos clones CV-02, CV-06, CV-10, CV-11 e CV-13. O

clone CV-12 compõe unitariamente o quinto grupo. O grupo inferior aos demais, no referido nível, é composto pelo clone CV-03 (Tabela 2).

No estudo da variável DC dos clones de café conilon, dentro de cada nível de adubação com P, observa-se a formação de quatro grupos distintos de médias no nível 0% de adubação fosfatada, e nos níveis de 50, 100 e 150%, apenas dois grupos distintos de médias de DC são formados (Tabela 2).

Para a variável DC, no nível 0% de adubação fosfatada, o primeiro grupo de médias é constituído pelos clones CV-01, CV-03, CV-04, CV-07, CV-08, CV-09 e CV-10; os clones CV-06; CV-12 e CV-13 formam o segundo grupo de médias; o clone CV-11 constitui o terceiro grupo médias e os clones CV-02 e CV-05 representam o grupo de médias inferiores estatisticamente aos demais (Tabela 2).

No nível de 50 e 100% da recomendação de P_2O_5 , os grupos distintos de médias de DC, são formados pelos mesmos clones, sendo o primeiro grupo composto pelos clones CV-03, CV-04, CV-05, CV-06, CV-07, CV-08, CV-09, CV-10, CV-11 e CV-13, e o segundo constituído pelos clones CV-01, CV-02 e CV-12 (Tabela 2).

No nível de 150% da recomendação de P_2O_5 , o grupo estatisticamente superior para o parâmetro diâmetro de caule é formado pelos clones CV-03, CV-05, CV-06, CV-07, CV-09, CV-10 e CV-11. O grupo inferior é formado pelos clones CV-01, CV-02, CV-04, CV-08, CV-12 e CV-13 (Tabela 2).

Verifica-se, para os valores médios de área foliar (AF) dos clones de café conilon, a formação de seis grupos de médias no nível 0% de adubação fosfatada, oito grupos aos níveis de 50 e 100%, e quatro grupos no nível de 150% do recomendado de P_2O_5 , para a cultura (Tabela 2).

No nível 0% de adubação fosfatada, verificam-se valores elevados de AF, para os clones CV-01, CV-03, CV-09 e CV-13, sendo estes os constituintes do grupo superior de médias de AF, quando comparados aos demais. O segundo, terceiro e quarto grupo distinto são formados, respectivamente, pelos clones CV-04 e CV-08; CV-07 e CV-12; e CV-06, CV-10 e CV-11. O clone CV-05 forma unitariamente o quinto grupo distinto de médias de AF. O clone CV-02 apresenta valor médio de AF inferior aos clones, alocando-se no grupo inferior (Tabela 2).

Observa-se no nível de 50% do recomendado de P_2O_5 , para a AF, que no grupo superior aloca-se o clone CV-03; no segundo aloca-se o clone CV-06; no terceiro, o clone CV-13; no quarto, o CV-01; no quinto grupo os clones CV-07 e CV-09; e no sexto grupo os clones CV-08, CV-10 e CV-11; no sétimo grupo o clone CV-04. E por fim, os clones CV-02, CV-05 e CV-12, figuram o grupo estatisticamente inferior aos demais (Tabela 2), para esta variável.

No nível de 100%, verifica-se, em ordem decrescente de valores médios de AF, que o primeiro grupo é formado pelo clone CV-03; o segundo pelo CV-06; o terceiro pelo CV-13; o quarto pelo CV-10; o quinto pelo CV-12; o sexto grupo formado pelos clones CV-08 e CV-11; o sétimo formado pelos clones CV-01, CV-07 e CV-09; e o oitavo grupo formado pelos clones CV-02, CV-04 e CV-05 (Tabela 2).

No nível de 150% de P_2O_5 , o grupo significativamente superior é constituído apenas pelo CV-03. O segundo grupo é formado pelos clones CV-06, CV-08 e CV-10. O terceiro grupo de médias de AF é composto pelos CV-02, CV-04, CV-07, CV-11, CV-12 e CV-13. Os clones CV-01, CV-05 e CV-09 apresentam valores médios de AF inferior aos demais, figurando assim, o quarto grupo (Tabela 2).

Ressalta-se que o CV-03 se manteve entre os grupos de médias significativamente superiores, para AF, em todos os níveis de adubação utilizados. Sendo que nos níveis de 50, 100 e 150% da adubação fosfatada, o CV-03 constitui isoladamente o grupo de médias superiores, com valores médios de 0,54; 0,78 e 0,94 cm^2 , respectivamente (Tabela 2).

Analisando os valores médios de VR e CR, os treze clones de café conilon apresentam comportamento diferenciado, dentro de cada nível de adubação fosfatada (Tabela 3). O estudo dos valores médios de VR dos clones de café conilon apresenta a formação de sete grupos de médias no nível de 0% de adubação fosfatada, nove grupos distintos no nível de 50%, quatro grupos distintos nos níveis de 100% e sete grupos distintos no nível de 150% da recomendação de P_2O_5 para a cultura (Tabela 3).

No nível 0% de adubação fosfatada, verificam-se valores mais elevados de VR, para os clones CV-07 e CV-09, sendo estes os constituintes do grupo superior de médias de VR, quando

comparados aos demais. O segundo grupo é formado pelo clone CV-08, o terceiro e quarto grupos são formados, respectivamente, pelos clones CV-01 e CV-04 CV-06, CV-10 e CV-12. O clone CV-13 forma, unitariamente, o quinto grupo distinto de médias e os clones CV-03 e CV-11 formam o sexto grupo. Os clones CV-02 e CV-05 apresentam valores médios inferiores de VR, alocando-se no grupo inferior (Tabela 3).

Observa-se no nível de 50% de P_2O_5 para o VR, que o primeiro grupo é formado pelo clone CV-07, sendo este superior aos demais. Os outros clones estão agrupados de forma que o CV-09 forma o segundo grupo, o CV-01 o terceiro, o CV-04 e CV-08 o quarto, o CV-06 e CV-13 o quinto, o CV-11 o sexto, o CV-03 o sétimo, o CV-02 e o CV-12 o oitavo, e o clone CV-05 o nono grupo, figurando o grupo estatisticamente inferior aos demais (Tabela 3).

No nível de 100% de P_2O_5 , verifica-se, em ordem decrescente, de valores médios de VR, que o primeiro grupo é formado pelos clones CV-05, CV-07 e CV-12; o segundo pelos clones CV-06 e CV-09; o terceiro pelos CV-01 e CV-04; o quarto pelo CV-08, CV-10, CV-11 e CV-13; e o quinto grupo pelos clones CV-02 e CV-03 (Tabela 3).

No nível de 150% de P_2O_5 , o grupo significativamente superior de média de VR é constituído apenas pelo CV-05. O segundo grupo é formado pelos clones CV-03 e CV-07; o terceiro grupo é composto pelos CV-10, CV-11 e CV-12; o quarto pelos CV-06 e CV-08, o quinto pelos CV-09 e CV-13; o sexto pelos CV-01 e CV-04; e o sétimo grupo pelo CV-02 (Tabela 3).

Estudando os valores médios de CR dos clones de café conilon, verifica-se a formação de cinco grupos distintos de médias para os níveis 0 e 50% de adubação fosfatada. Para o nível 100% houve a formação de quatro grupos e para o nível 150%, a formação de sete grupos de médias (Tabela 3).

Para o nível 0% de adubação fosfatada, o clone CV-09 forma o grupo de maior média de CR. O segundo grupo aloca o clone CV-08 e o terceiro os clones CV-01, CV-06 e CV-07. O quarto grupo é constituído pelos clones CV-03, CV-11 e CV-13. O quinto grupo é constituído pelos clones CV-02, CV-05 e CV-11, formando o grupo de médias de CR estatisticamente inferior aos demais (Tabela 3).

Para o nível de 50% de P_2O_5 , o clone CV-09 constitui o grupo superior para os valores médios de CR. O segundo grupo é formado por CV-06 e CV-07; o terceiro grupo é formado pelo CV-01, CV-08 e CV-10; o quarto grupo pelos clones CV-03, CV-11 e CV-13. O grupo de médias inferiores de CR é composto pelos clones CV-02, CV-04, CV-05 e CV-12 (Tabela 3).

Tabela 3 – Valores médios de volume – VR (cm^3) e comprimento de raiz – CR (m) de clones de café conilon que compõem a cultivar 'Vitória Incaper 8142' para cada nível de adubação fosfatada (0, 50, 100 e 150% de P_2O_5 recomendado para a cultura).

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

Clone	VR		CR	
	0% de P_2O_5		50% de P_2O_5	
CV-01	56,00 c	327,33 c	95,00 c	489,00 c
CV-02	20,00 g	103,33 e	50,00 h	315,00 e
CV-03	30,00 f	252,00 d	55,00 g	336,00 d
CV-04	46,00 d	247,00 d	88,00 d	278,00 e
CV-05	25,00 g	116,00 e	42,00 i	252,00 e
CV-06	45,00 d	284,00 c	80,00 e	573,00 b
CV-07	87,00 a	310,00 c	135,00 a	609,00 b
CV-08	70,00 b	378,00 b	89,00 d	494,00 c
CV-09	92,33 a	499,00 a	115,00 b	688,00 a
CV-10	46,67 d	218,67 d	80,00 e	453,67 c
CV-11	29,00 f	119,33 e	61,67 f	385,00 d
CV-12	43,67 d	210,00 d	50,00 h	276,67 e
CV-13	38,33 e	205,00 d	82,67 e	405,00 d
	100% de P_2O_5		150% de P_2O_5	
CV-01	117,00 c	594,00 d	130,00 f	791,67 g
CV-02	88,67 e	388,67 e	113,33 g	939,00 f
CV-03	89,00 e	578,00 d	187,33 b	1315,33 b
CV-04	113,33 c	662,00 c	129,00 f	851,00 g
CV-05	150,00 a	942,00 a	227,33 a	1506,00 a
CV-06	125,00 b	707,33 c	161,67 d	973,67 f
CV-07	150,00 a	966,33 a	183,33 b	1108,33 d
CV-08	107,67 d	865,00 b	160,00 d	1004,00 f
CV-09	130,00 b	858,00 b	150,00 e	1250,00 c
CV-10	105,00 d	896,67 b	166,67 c	1045,67 e
CV-11	100,00 d	613,00 d	165,00 c	946,00 f
CV-12	151,67 a	550,00 d	168,00 c	841,00 g
CV-13	104,00 d	619,67 d	150,00 e	940,00 f

Para o nível de 100%, os clones CV-05 e CV-07 apresentaram médias de CR superiores. O segundo grupo é formado pelos clones CV-08, CV-09 e CV-10; os clones CV-04 e CV-06 formam o terceiro grupo e os clones CV-01, CV-03, CV-11, CV-12 e CV-13, formam o quarto grupo. O clone CV-02 formou o grupo inferior de médias de CR (Tabela 3).

No nível de 150% de P_2O_5 , verifica-se que o clone CV-05 e CV-03 formam, respectivamente, o primeiro e o segundo grupo de médias distintas de CR. O terceiro e o quarto grupo são formados pelos clones CV-09 e CV-07, respectivamente. O quinto grupo aloca o clone CV-10, e o sexto grupo os clones CV-02, CV-06, CV-08, CV-11 e CV-13. O grupo inferior de médias de CR é composto dos clones CV-01, CV-04 e CV-12 (Tabela 3).

Submetendo-se os dados biométricos dos clones de café conilon à análise de regressão em função dos níveis de adubação com P_2O_5 recomendado para a cultura, observa-se na Tabela 4 que os valores de AP, DC, AF, VR, e CR se ajustam ao modelo linear dentro do intervalo estudado. Verifica-se pelo ajuste da equação linear, que as mudas dos treze clones da cultivar 'Vitória Incaper 8142' fornecem maiores médias para as variáveis de crescimento avaliadas no nível máximo de recomendação de P_2O_5 analisado (150%).

Tabela 4: Equações de regressão com seus respectivos coeficientes de determinação (R^2), para altura de planta – AP (cm), diâmetro de caule – DC (mm), área foliar – AF ($m^2/planta$), volume – VR (cm^3) e comprimento de raiz – CR (m) em função dos níveis de adubação fosfatada (0, 50, 100 e 150% de P_2O_5 recomendado), para cada clone de café conilon que compõe a cultivar 'Vitória Incaper 8142'.

Clone	Variável	Equação	R^2	Variável	Equação	R^2
CV-01	AP	$\hat{Y} = 0,054*P + 9,557$	0,86	VR	$\hat{Y} = 0,488*P + 62,9$	0,94
	DC	$\hat{Y} = 0,192*P + 33,605$	0,99	CR	$\hat{Y} = 2,996*P + 325,8$	0,98
	AF	$\hat{Y} = 0,244*P + 43,316$	0,97			
CV-02	AP	$\hat{Y} = 0,210*P + 28,16$	0,94	VR	$\hat{Y} = 0,637*P + 20,2$	0,99
	DC	$\hat{Y} = 0,020*P + 6,31$	0,99	CR	$\hat{Y} = 5,161*P + 49,4$	0,87
	AF	$\hat{Y} = 0,002*P + 0,3047$	0,93			
CV-03	AP	$\hat{Y} = 0,145*P + 26,767$	0,98	VR	$\hat{Y} = 1,012*P + 14,43$	0,89
	DC	$\hat{Y} = 0,030*P + 4,4967$	0,99	CR	$\hat{Y} = 6,864*P + 105,5$	0,83
	AF	$\hat{Y} = 0,003*P + 0,076$	0,98			
CV-04	AP	$\hat{Y} = 0,032*P + 34,133$	0,96	VR	$\hat{Y} = 0,548*P + 52,93$	0,95
	DC	$\hat{Y} = 0,021*P + 6,71$	0,99	CR	$\hat{Y} = 4,392*P + 180,1$	0,91
	AF	$\hat{Y} = 0,004*P + 0,3047$	0,98			
CV-05	AP	$\hat{Y} = 0,222*P + 20,467$	0,99	VR	$\hat{Y} = 1,431*P + 3,833$	0,93
	DC	$\hat{Y} = 0,041*P + 4,2533$	0,99	CR	$\hat{Y} = 9,662*P + 23$	0,84
	AF	$\hat{Y} = 0,002*P + 0,1197$	0,99			
CV-06	AP	$\hat{Y} = 0,143*P + 25,167$	0,91	VR	$\hat{Y} = 0,794*P + 43,66$	0,99
	DC	$\hat{Y} = 0,024*P + 6,0067$	0,99	CR	$\hat{Y} = 4,404*P + 304$	0,98
	AF	$\hat{Y} = 0,003*P + 0,2443$	0,93			
CV-07	AP	$\hat{Y} = 0,158*P + 28,767$	0,99	VR	$\hat{Y} = 0,608*P + 93,23$	0,96
	DC	$\hat{Y} = 0,016*P + 6,98$	0,99	CR	$\hat{Y} = 5,504*P + 335,5$	0,97
	AF	$\hat{Y} = 0,002*P + 0,247$	0,96			
CV-08	AP	$\hat{Y} = 0,128*P + 32,933$	0,99	VR	$\hat{Y} = 0,577*P + 63,36$	0,92
	DC	$\hat{Y} = 0,018*P + 6,52$	0,99	CR	$\hat{Y} = 4,498*P + 347,9$	0,95
	AF	$\hat{Y} = 0,003*P + 0,2207$	0,95			
CV-09	AP	$\hat{Y} = 0,078*P + 39,933$	0,97	VR	$\hat{Y} = 0,376*P + 93,63$	0,99
	DC	$\hat{Y} = 0,015*P + 7,6$	0,98	CR	$\hat{Y} = 4,846*P + 460,3$	0,95
	AF	$\hat{Y} = 0,001*P + 0,2987$	0,97			
CV-10	AP	$\hat{Y} = 0,132*P + 25,767$	0,98	VR	$\hat{Y} = 0,771*P + 41,83$	0,96
	DC	$\hat{Y} = 0,024*P + 6,3$	0,99	CR	$\hat{Y} = 5,848*P + 215,0$	0,96
	AF	$\hat{Y} = 0,003*P + 0,17$	0,97			
CV-11	AP	$\hat{Y} = 0,118*P + 27,522$	0,99	VR	$\hat{Y} = 0,892*P + 21,96$	0,97
	DC	$\hat{Y} = 0,029*P + 5,32$	0,99	CR	$\hat{Y} = 5,416*P + 109,6$	0,99
	AF	$\hat{Y} = 0,003*P + 0,1843$	0,99			
CV-12	AP	$\hat{Y} = 0,102*P + 26,267$	0,98	VR	$\hat{Y} = 0,949*P + 32,13$	0,87
	DC	$\hat{Y} = 0,023*P + 5,23$	0,99	CR	$\hat{Y} = 4,332*P + 144,4$	0,94
	AF	$\hat{Y} = 0,003*P + 0,1743$	0,91			
CV-13	AP	$\hat{Y} = 0,123*P + 27,167$	0,95	VR	$\hat{Y} = 0,712*P + 40,3$	0,98
	DC	$\hat{Y} = 0,021*P + 6,15$	0,98	CR	$\hat{Y} = 4,839*P + 179,4$	0,98
	AF	$\hat{Y} = 0,002*P + 0,3063$	0,94			

* Significativo pelo teste t, a 5% de probabilidade.

Para todas as variáveis estudadas, nos 13 clones, o coeficiente angular é significativo, mostrando efeito significativo dos níveis de P_2O_5 aplicados. Ainda, em relação às regressões, nota-se que o coeficiente de determinação (R^2) é superior a 0,80, mostrando o adequado ajuste dos modelos.

4. DISCUSSÃO

No estudo das variáveis vegetativas foi evidente o comportamento diferencial entre os clones, dentro de cada nível de adubação fosfatada, fato este justificável, devido à exigência nutricional ser variável entre genótipos da mesma espécie, em função da variabilidade genética que os constitui Martins et al.¹⁹. Para a variável área foliar, pode-se inferir que o clone CV-03 demonstra potencial de se adaptar à condição de estresse nutricional, e também a condição de suprimento nutricional mais elevado. Segundo Fonseca et al.¹³, o clone CV-03 é um material

genético que possui características como rusticidade, alto vigor e folhas maiores que os demais clones dessa cultivar.

É afirmado por Fageria⁹ e por Amaral et al.², que comumente se observa desenvolvimento vegetativo diferenciado sob as mesmas condições de fertilidade do solo, para cultivares da mesma espécie. Fonseca et al.¹³ descrevendo os valores médios das principais características dos 13 clones de café Conilon cultivar 'Vitória Incaper 8142', em oito colheitas sucessivas, em diversos ambientes no Estado do Espírito Santo, apresentaram valores médios de índice de avaliação visual entre 6 e 10, respectivamente para o CV-01 e para o CV-03. Para a variável altura de plantas, os clones também apresentaram variabilidade, com alturas variando de 2,19 a 2,77 m, respectivamente, para os clones CV-09, CV-10 e CV-13 e para o CV-11. Segundo Contarato et al.⁵, estes clones, sob uma mesma dose de adubação, apresentam crescimento inicial diferenciado, sugerindo o uso de uma adubação específica para cada genótipo.

Com base na variabilidade fenotípica encontrada por Fonseca et al.¹³, e genotípica encontrada por Ferrão et al.¹⁰, fica respaldado os resultados apresentados neste estudo.

Observa-se com esses resultados que, para os menores níveis de adubação fosfatada (0% e 50% de P₂O₅ recomendado), os clones CV-07 e CV-09 sobressaem em relação aos demais quanto a VR e CR, seguido dos clones CV-01, CV-06 e CV-08. Com esses resultados, pode-se prever que os mesmos apresentam melhor desenvolvimento radicular inicial, que os demais, em solos pobres em fósforo, ou em solos mais intemperizados, como os solos tropicais, onde a fixação deste elemento pelas partículas de solo é elevada²².

Para os níveis de 100% e 150%, o clone CV-05 apresentou as maiores médias dentre os demais, seguido dos clones CV-07 e CV-03. Sendo assim, esses clones podem apresentar melhor desenvolvimento radicular inicial, quando a quantidade de fósforo aplicada for igual ou 50% superior à recomendação.

Os resultados encontrados por Martins et al.¹⁹ reforçam os resultados encontrados neste estudo, pois de forma geral, os clones de café conilon CV-05, CV-07, CV-09 apresentaram acúmulo de matéria seca e de fósforo (em suas partes - raiz, parte aérea e total) superiores aos demais nos níveis de adubação fosfatada estudados (0, 50, 100 e 150% de P₂O₅ recomendado). Entretanto os autores relatam que os clones não seguem o mesmo padrão de agrupamento para eficiência nutricional em relação ao P, possivelmente devido às várias características genéticas que governam a absorção, translocação e uso do fósforo.

Assim, Martins et al.¹⁸ utilizaram o parâmetro alfa¹⁴ para agrupar os clones de cafeeiro conilon, concluindo que os clones CV-04, CV-05 e CV-08 apresentam-se eficientes e responsivos à adubação fosfatada. Essa diferença de resposta entre clones ao acréscimo de fósforo também é encontrada em outras culturas como relatado por Fageria⁹ e Amaral et al.¹

Foi observado comportamento semelhante para altura de planta, diâmetro de caule, área foliar, volume de raiz e comprimento de raiz, dos treze clones de café conilon, em relação aos níveis de P₂O₅ estudados, evidenciando que o aumento dos níveis de fósforo induz ao aumento nos valores médios destas variáveis. Quando as plantas foram submetidas à privação de P (0%), os valores para as variáveis mencionados acima foram menores do que em plantas supridas com P (níveis de 50, 100 e 150%). Resultados semelhantes foram encontrados por Martins et al.¹⁹ avaliando a influência de níveis de fósforo na eficiência nutricional de clones de café conilon.

Pressupõe-se que os resultados encontrados para as variáveis estudadas dos clones de conilon estão relacionados a um aumento da atividade bioquímica nessas plantas, fator este ocorrido em função do aumento dos níveis de adubação fosfatada.

Para todas as variáveis estudadas (AP, DC, AF, VR, e CR) nos 13 clones observa-se ajuste de regressão ao modelo linear dentro do intervalo estudado. No estudo do crescimento inicial de cafeeiros cultivados em solução nutritiva sob diferentes doses de fósforo, Matsumoto et al.²⁰ relatam melhor desempenho bioquímico, quando se aumenta a adubação com fósforo, proporcionando, conseqüentemente, o aumento da capacidade metabólica e uma maior demanda por fotoassimilados pela planta. Sendo o crescimento das partes vegetativas a resposta a esses estímulos.

Como relatado por Matsumoto et al.²⁰, mudanças metabólicas também foram evidenciadas por Silva et al.²⁵, os quais relatam que o maior crescimento das plantas de café arábica, no

tratamento com nível de P_2O_5 acima do recomendado, esteve relacionado ao maior teor de carboidratos solúveis nas folhas que, por sua vez, foi consequência de uma maior assimilação de CO_2 , influenciando assim todo o ciclo fotossintético.

O diâmetro de caule dos clones também é influenciado pelos níveis de adubação fosfatada, como pode ser analisado na Tabela 2. Esse fato pode estar ligado ao desenvolvimento dos vasos xilemáticos, a condutividade hidráulica no xilema e a expansão celular.

A formação dos vasos xilemáticos e seu desenvolvimento estão associados à formação de proteínas que utilizam o fósforo como um dos principais compostos, desta forma o complexo xilemático é altamente responsivo ao P. Assim, na privação deste elemento, as plantas diminuem o crescimento radial do caule, devido ao baixo desenvolvimento dos vasos xilemáticos, e também ao acúmulo de matéria seca, acarretando decréscimo da capacidade física de transporte de água (condutividade hidráulica), o que influenciará negativamente a expansão das células do caule, e também de toda a parte aérea⁴.

Segundo Radin e Mathews²³, a redução na condutividade hidráulica do xilema diminui a disponibilidade de água e também de nutrientes, restringindo, secundariamente, a capacidade de alongamento das células e, principalmente, a eficiência fotossintética da planta.

5. CONCLUSÕES

O fósforo promove aumento nos valores médios de altura de plantas, diâmetro de caule, área foliar, volume e comprimento de raiz dos clones da cultivar 'Vitória Incaper 8142', em função do aumento dos níveis deste elemento no solo, justificado pela importância do fósforo nas funções metabólicas e fisiológicas da planta. Cada clone responde de forma peculiar aos níveis estudados sobre as variáveis empregadas.

6. AGRADECIMENTOS

À PNPCD/Café e CBPED/Café pelo financiamento do projeto.

À CAPES, ao CNPq e à UFES pelas bolsas concedidas aos autores.

-
1. Amaral JFT, Martins LD, Laviola BG, Christro LF, Tomaz MA, Rodrigues WN. A differential Response of Physic Nut Genotypes Regarding Phosphorus Absorption and Utilization is Evidenced by a Comprehensive Nutrition Efficiency Analysis. *Journal of Agricultural Science*. 2012; 4(12):164-173.
 2. Amaral JFT, Prezotti LC, Tomaz MA, Rodrigues WN, Martins LD, Jesus Junior, WC. Fertilização do cafeeiro visando o desenvolvimento sustentável. In: Tomaz MA, Amaral JFT, Jesus Junior WC, Fonseca AFA, Ferrao RG, Ferrao MAG, Martins LD, Rodrigues WN. (Org.). Inovação, difusão e integração: bases para a sustentabilidade da cafeicultura. 1ed. Alegre-ES: CAUFES: 2012;1:89-106.
 3. Barros RS, Maestri M, Vieira M, Braga Filho LJ. Determinação de área de folhas do café (*Coffea arabica* L. cv. 'Bourbon Amarelo'). *Revista Ceres*. 1973; 20(107): 44-52.
 4. Blevins DG. *Better Crops*. Norcross 1999; 83(2): p. 29.
 5. Contarato CC, Sobreira FM, Tomaz MA, Jesus Junior WC, Fonseca AFA, Ferrão MAG, Ferrão RG. Avaliação do desenvolvimento inicial de clones de Café Conilon (*Coffea canephora*). *Scientia Agraria* 2010; 11(1): 65-71.
 6. DaMatta FM, Ramalho JDC. Impacts of drought and temperature stress on coffee physiology and production: a review. *Brazilian Journal of Plant Physiology*. 2006; 18(1): 55-81.
 7. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006; p. 306.
 8. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa. Manual de métodos de análises de solo. 2.ed. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997; p. 212.
 9. Fageria NK. Otimização da eficiência nutricional na produção das culturas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 1998; 2: 6-16.
 10. Ferrão RG, Cruz CD, Ferreira A, Cecon PR, Ferrão MAG, Fonseca AFA, Carneiro PCS, Silva MF. Parâmetros genéticos em café Conilon. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 2008; 43(1): 61-69.

11. Ferrão, RG, Fonseca AFA, Bragança SM, Ferrão MAG, Muner LH. (Ed.). Café Conilon - Incaper. Vitória (ES): 2007.
12. Ferreira DF. Sisvar: um programa para análises e ensino de estatística. Revista Symposium (Lavras) 2008; 6: 36-41.
13. Fonseca AFA, Ferrão MAG, Ferrão RG, Verdin Filho AC, Volpi OS, Zucatei F. Conilon Vitória - Incaper 8142: improved *Coffea canephora* var. kouillou clone cultivar for the taste of Espírito Santo. Crop Breeding and Applied Biotechnology. 2004; 4(4): 503-505.
14. Fox RH. Selection for phosphorus efficiency in corn. Communications in Soil Science and Plant Analysis 1978, 9:13-37.
15. Gomide MB, Lemos OV, Tourino D, Carvalho MM, Carvalho JG, Duarte CS. Comparação entre métodos de determinação de área foliar em cafeeiros Mundo Novo e Catuí. Ciência e Prática. 1977; 1(2): 118-123.
16. Lani JA, Prezotti LC, Bragança SM. Cafeeiro. In: Prezotti LC, Gomes JA, Dadalto GG, Oliveira JA. Manual de recomendação de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo (5ª aproximação). SEEA/INCAPER/CEDAGRO. Vitória (ES): 2007.
17. Malavolta E. Nutrição mineral de plantas. Piracicaba (SP): Pioneira, 1980.
18. Martins LD, Tomaz MA, Amaral JFT, Bragança SM, Martinez HEP. Eficiência e resposta de clones de cafeeiro conilon ao fósforo. Revista Ceres 2013; 60(x): xx-xx.
19. Martins LD, Tomaz MA, Amaral JFT, Bragança SM, Reis EF, Rodrigues WN. Nutritional efficiency in clones of conilon coffee for phosphorus. Journal of Agricultural Science. 2012; 5: 130-140, 2013.
20. Matsumoto SN, Carvalho FM, Viana AES, Malta MR, Castro LG. Initial growth of coffee plants (*coffea arabica* l.) submitted to different phosphate doses in nutritive solution. Coffee Science. 2008; 3(1): 58-67.
21. Novais RF, Prezotti LC, Alvarez V VH, Cantarutti RB, Barros NF. FERTICALC - Sistema para recomendação de corretivos e fertilizantes para a cultura do café arábica. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2002. CD-ROM
22. Oladiran O, Olajire F, Robert CA, Nnenna I. Phosphorus response efficiency in cowpea genotypes. Journal of Agricultural Science. 2012; 4(1): 81-90.
23. Radin JW, Matthews MA. Water transport properties of cortical cells in roots of nitrogen and phosphorus deficient cotton seedlings. Plant Physiology. 1989; 89: 264-268.
24. Rodrigues, WN, Ferrao RG, Ferrão MAG, Fonseca AFA, Mendonça RF, Martins, LD. Tomaz MA. Crop yield of conilon coffee plants of different levels of vegetative vigor and rust severity. Nucleus (Ituverava. Online). 2012; 9(2):01-06.
25. Silva L, Marchiori PER, Maciel CP, Machado EC, Ribeiro RV. Fotossíntese, relações hídricas e crescimento de cafeeiros jovens em relação à disponibilidade de fósforo. Pesquisa Agropecuária Brasileira. 2010; 45(9): 965-972.
26. Tennant DA. Test of a modified Hen intersects method of estimating root length. Journal of Ecology. South Perth, 1975; 63: 995-1001.