

EFEITO DA APLICAÇÃO DE PIRACLOSTROBINA NO CRESCIMENTO INICIAL DE CAFÉ ARÁBICA EM DIFERENTES DISPONIBILIDADES HÍDRICAS

Anelisa de Figueiredo Peloso¹, Sandro Dan Tatagiba², José Francisco Teixeira do Amaral³, Paulo Cezar Cavatte⁴, Marcelo Antônio Tomaz⁵

(Recebido: 18 de novembro de 2016; aceito: 08 de março de 2017)

RESUMO: Objetivou-se com este estudo investigar o efeito da piraclostrobina no crescimento inicial de plantas de *Coffea arabica* L. submetidas ou não ao déficit hídrico, utilizando para isso, a avaliação das características da matéria seca total (MST), da parte aérea (MSPA) e da raiz (MSR), área foliar (AF), altura e diâmetro do coleto, além da eficiência no uso da água de produtividade (EUA_p) em plantas cultivadas a 100 (-DH, sem déficit hídrico) e 30% (+DH, com déficit hídrico) de água disponível no substrato. De acordo com os resultados obtidos, foi verificado que a aplicação de piraclostrobina nas plantas submetidas a -DH, principalmente na maior concentração (1,4 g/L), favoreceu o incremento da MST, da MSPA, da MSR, da área foliar, altura, diâmetro do coleto e da EUA_p. Sob déficit hídrico (+DH), o crescimento das plantas não foi beneficiado pela aplicação de piraclostrobina, independentemente da concentração utilizada, evidenciando a necessidade do controle de água adequado como estratégia de manejo para a produção.

Termos para a indexação: *Coffea arabica* L., déficit hídrico, estrobirulina, características de crescimento.

EFFECT OF THE APPLICATION OF PYRACLOSTROBIN IN THE INITIAL GROWTH OF ARABIC COFFEE IN DIFFERENT AVAILABILITY OF WATER

ABSTRACT: The objective of this research was to investigate the effect of pyraclostrobin on the initial growth of *Coffea arabica* L. plants submitted or not to water deficit, using the total dry matter (MST), aerial part matter (MSPA), root matter (MSR), foliar area (AF), height and diameter; further on of the efficiency in the use of yield water (EUA_p) in plants grown at 100 (-DH, without water deficit) and 30% (+DH, with water deficit) of available water in the substrate. According to the results, it was verified that the application of pyraclostrobin in plants submitted to -DH, mainly in the highest concentration (1.4 g/L), favored the increase of MST, MSPA, MSR, leaf area, height, diameter and EUA_p. Under water deficit (+DH), plant growth was not favored by the application of pyraclostrobin, independently of the concentration used, evidencing the need for adequate water control as a management strategy for production.

Index terms: *Arabica coffee*, water deficit, strobilurin, characteristics of growth.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor e exportador mundial de café, possuindo uma das tecnologias mais avançadas para a produção, estrutura adequada para a exportação, pesquisa e extensão aplicada, além de mecanismos de crédito suficientes para atender a cadeia produtiva, colocando-se na vanguarda cafeeira (BELAN et al., 2011; SAKIYAMA et al., 2015). Além disso, é o segundo maior consumidor de café do mundo e, por conseguinte, o maior consumidor do café produzido no próprio país (SAKIYAMA et al., 2015). Na safra 2015/2016 a produção brasileira de café foi estimada em 43,20 milhões de sacas beneficiadas, representando 30,13% da produção mundial (INTERNATIONAL COFFEE ORGANIZATION - ICO, 2016). Desse montante, o café arábica (*C. arabica*), representou 76,8% da

produção total (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2016).

Embora o país seja líder no mercado desse produto, a produção cafeeira tem sido afetada pelas condições climáticas, em consequência do fenômeno do aquecimento global, o que tem levado à ocorrência de períodos cada vez mais prolongados de seca (DAMATTA et al., 2010; PEZZOPANE et al., 2010; PIZETTA et al., 2016), podendo ocasionar redução da produtividade em até 80% (DAMATTA; RAMALHO, 2006). Segundo Fialho et al. (2010) e Rodrigues et al. (2016), a seca é o fator abiótico que mais afeta a produção da cafeicultura brasileira, colocando em risco previsões de futuras safras.

Na busca de alternativas para amenizar a situação provocada por estresses abióticos, estudos realizados por Fangan et al. (2010) em soja, Jadoski et al. (2015) em feijão, Martinazzo et

^{1,3,4,5,6} Universidade Federal do Espírito Santo/UFES - Campus Alegre - Alto Universitário, s/n, Guararema - 29.500-000 Alegre - ES - anelisapeloso@hotmail.com, jftamaral@yahoo.com.br, cavattepc@hotmail.com, tomazamarcelo@yahoo.com.br, edreis@cca.ufes.br

²Instituto Federal do Pará - Campus Itaituba/ IFPA - Estrada Jacarezinho, s/n - Maria Magdalena - 68.180-000 - Itaituba - PA sandrodantatagiba@yahoo.com.br

al. (2015) em tomate, têm encontrado benefícios promovidos por moléculas de determinado grupo de fungicidas, entre elas, pode-se destacar, a piraclostrobina, molécula pertencente ao grupo das estrobilurinas. Na cultura do café, a piraclostrobina, principal estrobilurina comercial, é utilizada no combate de duas doenças fúngicas: a ferrugem e a cercosporiose, causadas por *Hemileia vastatrix* e *Cercospora coffeicola*, respectivamente. Além da ação fungicida, as estrobilurinas podem atuar de forma positiva sobre a fisiologia das plantas na ausência de agentes patogênicos (DEBONA et al., 2016; DEBONA; RODRIGUEZ, 2016). Tais benefícios incluem o aumento na taxa fotossintética, maior eficiência no uso de água e nitrogênio, retenção de clorofila, atraso na senescência foliar (“efeito verde”), aumento na atividade de enzimas antioxidantes, favorecendo assim, o aumento do acúmulo de biomassa seca e da produtividade (BALARDIN et al., 2011; COSTA et al., 2012; FAGAN et al., 2010; PAULO JÚNIOR et al., 2013; TSUMANUMA et al., 2010). Para Navarini et al. (2007), os incrementos na biomassa seca e na produtividade podem variar de acordo com a suscetibilidade ao estresse de cada espécie ou cultivar, e quanto maior a suscetibilidade, maior poderá ser o incremento imposto pela aplicação de estrobilurina. Normalmente, o incremento na biomassa e na produtividade vegetal pode ser acompanhado quantitativamente, através de análises de volume, biomassa seca e verde, e rendimento econômico (FLOSS, 2011). Assim, realizar análises de crescimento detalhadas para se conhecer as diferenças estruturais e funcionais existentes em plantas de café arábica, tornam-se fundamentais.

Apesar do conhecimento que se têm, até o momento, dos efeitos fisiológicos provocados pela estrobilurina em vegetais, permanece obscuro, ainda, o efeito da piraclostrobina em plantas submetidas ao déficit hídrico. Portanto, as hipóteses consideradas neste estudo foram as seguintes: I) a piraclostrobina pode contribuir para o maior crescimento vegetativo e desenvolvimento das plantas de café arábica, e II) a piraclostrobina pode reduzir o dano no crescimento das plantas causado pelo déficit hídrico. Para resolver estas questões, avaliações detalhadas do crescimento vegetativo foram realizadas, investigando o efeito da piraclostrobina nas plantas de café arábica, submetidas ou não ao déficit hídrico.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local, material experimental e substrato

O experimento foi realizado em casa de vegetação climatizada, na área experimental do Núcleo de Estudos e Difusão de Tecnologia em Florestas, Recursos Hídricos e Agricultura Sustentável (NEDTEC), do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA-UFES), no município de Jerônimo Monteiro, na latitude 20°47'25" S, longitude 41°23'48" W e altitude de 120 m.

As sementes para a produção das mudas foram obtidas da cultivar de café arábica (*C. arabica*), var. “Catuaí Vermelho”, IAC 144, proveniente do Instituto Capixaba de Pesquisa e Extensão Rural - INCAPER, Venda Nova do Imigrante - ES. As mudas foram formadas em sacos de polietileno perfurados, de cor preta, com as dimensões usuais para mudas de café (0,15 x 0,25 m). Depois de encanteirados, foram semeadas duas sementes por saco plástico. As sementes foram cobertas por substrato, a fim de manter a umidade durante a germinação. Após a germinação das sementes, foi deixada apenas uma plântula por saco plástico. Durante os 20 primeiros dias de desenvolvimento, as mudas foram mantidas em canteiros dentro de viveiro, apresentando 50% de sombreamento. Posteriormente, foram selecionadas quanto à uniformidade e transplantadas para vasos com capacidade de 14 dm³. Os vasos apresentavam furos circulares de 1 cm de diâmetro na parte inferior, permitindo aeração das raízes e escoamento do excesso de água. Durante todo o período experimental as mudas ficaram suspensas em bancadas com aproximadamente 1 m de altura, com dimensões de 2 m de comprimento e 1,20 m de largura.

Após o transplante para os vasos no dia 04 de março de 2015, as mudas cresceram em casa de vegetação, com teor de umidade do substrato próximo à capacidade de campo (CC) (BERNARDO; SOARES, MONTOVANI, 2006) por 130 dias, quando, então, foram iniciados os tratamentos diferenciados de disponibilidade hídrica de 100 e 30% de água disponível (AD), permanecendo por 100 dias, totalizando 230 dias de experimentação no dia 19 de outubro de 2015.

A aplicação de piraclostrobina sob as folhas das plantas foi realizada em duas etapas, aos 35 e 65 dias após o início dos tratamentos com as diferentes disponibilidades hídricas no substrato, aos 165 e 195 dias de experimentação, respectivamente.

Para aplicação da piraclostrobina foi utilizado um pulverizador manual costal com capacidade de 20 L e um bico tipo leque. Foram aplicadas três concentrações de piraclostrobina: 0; 0,7 e 1,4 g/L, a partir da diluição do produto comercial concentrado Comet® (250 g/L ou 25,0% m/v) da empresa The Chemical Company - BASF S.A. A concentração de piraclostrobina recomendada pela empresa foi de 0,6 a 0,8 g/L. Para as plantas que não receberam a piraclostrobina (0 g/L) foi realizada pulverização com água destilada.

O substrato utilizado para o enchimento dos vasos foi constituído de solo extraído à profundidade de 40 a 80 cm de um Latossolo Vermelho-Amarelo (70%), areia lavada (20%) e esterco bovino curtido (10%), destorroado e passado em peneira de 2,0 mm para obtenção da terra fina seca ao ar. Foi realizada análise granulométrica do substrato (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 1997), obtendo-se a classificação textural argilo-arenoso.

A necessidade da aplicação de corretivos e adubos químicos foi feita com base na análise química do substrato (Tabela 1). No plantio não foi necessário fazer adubação e correção da acidez do solo. Durante o período experimental foram realizadas quatro adubações de cobertura em intervalos de 45 dias, até o final do experimento, conforme preconizado por Prezotti et al. (2007).

2.2 Lâmina de irrigação e água disponível

Para determinação da lâmina de água, amostras do substrato deformadas e previamente peneiradas, foram saturadas por 12 horas (EMBRAPA, 1997) e levadas à câmara de pressão de Richards com placa porosa para estabilização, adotando-se um tempo de três dias e posterior determinação da umidade gravimétrica (U), correspondente às tensões de 0,010 Mpa para capacidade de campo e 1,5 MPa para o ponto de murcha permanente, conforme metodologia adotada por Tatagiba et al. (2016).

A umidade volumétrica (θ) para cada uma das tensões foi obtida pelo produto da umidade gravimétrica pela densidade do solo ($\theta = U \cdot D_s$). Os valores médios, resultantes de três repetições

para densidade do solo, umidade gravimétrica na capacidade campo e no ponto de murcha permanente para o cálculo dos níveis de água, foram 1,04 g cm⁻³; 23 e 14%, respectivamente.

A água disponível (AD) encontrada foi de 9,4%, calculada observando-se os valores de umidade volumétrica obtida para a capacidade de campo (CC) em 23,9% determinada na tensão de 0,010 MPa e para o ponto de murcha permanente (PMP) em 14,5 % na tensão de 1,5 MPa, utilizando-se a seguinte expressão: AD = CC - PMP (CENTURION; ANDREOLI, 2000). Os valores médios de umidade volumétrica e da tensão utilizados foram ajustados pelo modelo matemático proposto por Vangenuchten (1980), através do software Soil Retention Curves (SWRC), versão 2.0.

Para o estabelecimento da disponibilidade hídrica, foram utilizadas duas lâminas de água, definidas a partir da água total disponível, com valores de 100 e 30% (EMBRAPA, 1997). O controle da irrigação foi realizado pelo método gravimétrico (pesagem diária dos vasos), adicionando-se água até que a massa do vaso atingisse o valor prévio determinado em cada lâmina, considerando-se a massa do solo e de água (DARDENGO; REIS; PASSOS, 2010). Ajustes nos pesos dos vasos foram realizados em intervalos de 40 dias, até o final do experimento, considerando a massa fresca total obtida pelas plantas durante o crescimento.

2.3 Casa de vegetação climatizada e obtenção dos dados microclimáticos

A casa de vegetação climatizada é composta por dois refrigeradores (ar condicionado), um sistema de microaspersão de água automático e uma tela de umidificação, além de possuir dois exaustores de ar e sensores de umidade e temperatura do ar, acoplados a um “datalogger”, que contribuem para manter a umidade e a temperatura do ar controladas. Todo este sistema é controlado através de um micro controlador, programado pelo usuário, na temperatura e umidade do ar desejada. A casa de vegetação climatizada é um protótipo com base de acrílico, recebendo iluminação e o calor proveniente do

TABELA 1 - Análise química do substrato.

pH	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H+Al	C	M.O
H ₂ O	----- (mg dm ⁻³) -----			----- (cmol _c dm ⁻³) -----				----- (g kg ⁻¹) -----	
7,3	35	100	2	2,8	1,2	0,0	0,0	3,1	5,3

sol, os quais mantêm condicionados em seu interior. Sensores de temperatura e de umidade do ar diretamente controlados pelo micro controlador comandam os exatores, microaspersores e os refrigeradores, a fim de manter a temperatura e umidade do ar controladas de acordo com a programação realizada pelo usuário.

No interior da casa de vegetação climatizada foram instalados sensores de temperatura e umidade relativa do ar modelo CS500 (Vaisala, Estados Unidos da América). Os dados foram coletados e armazenados por um “datalogger”, modelo CR10x (Campbell Scientific, Estados Unidos da América). O tempo de leitura foi de dez segundos, e os dados médios foram armazenados a cada 15 minutos. Durante o período experimental a temperatura média foi de 23°C e a umidade relativa média do ar registrada foi de 85%.

2.4 Avaliação do crescimento das plantas

Ao final dos 230 dias de experimentação foram tomadas seis plantas por tratamento para avaliação das características de crescimento, determinando-se: matéria seca total, da parte aérea e da raiz; área foliar, altura total e diâmetro no nível do coleto. A área foliar foi determinada através do medidor, modelo LI -3100 (LI-COR). O diâmetro do coleto foi determinado com auxílio de paquímetro digital a 5 cm do substrato, e a altura das plantas, através de régua milimetrada. Para obtenção da matéria seca, as plantas foram particionadas em parte aérea (folhas, ramos e haste) e raiz, e colocadas em sacos de papel em estufa de circulação forçada de ar em temperatura de 75° C, até atingir peso constante.

A eficiência no uso da água de produtividade (EUA_p) foi estimada conforme Larcher (2004), através da seguinte equação:

$$EUA_p = MS/LTC$$

Em que:

EUA_p = eficiência do uso da água de produtividade, $Kg\ m^{-3}$.

MS = matéria seca total, Kg.

LTC = lâmina de água total consumida, m^3 .

A obtenção da LTC foi realizada através do somatório diário das lâminas de água necessárias para atingir os valores previamente determinados de água disponível em cada tratamento (100 e 30% de AD), considerando-se a massa do solo e de água no momento da irrigação realizada através método gravimétrico (pesagem diária dos vasos).

2.8 Delineamento experimental e análise estatística dos dados

Foi montando um experimento em esquema fatorial 2×3 , com seis repetições, composto por dois níveis de água (100 e 30%, referidos como -DH e +DH, ou seja, sem déficit hídrico e com déficit hídrico, respectivamente) e três níveis de concentrações de piraclostrobina (0; 0,7 e 1,4 g/L), dispostos num delineamento experimental inteiramente casualizado. Cada unidade experimental foi composta de um vaso plástico contendo uma planta.

Os dados foram submetidos à análise de variância, e os tratamentos foram comparados pelo teste de Tukey ($P \leq 0.05$) utilizando o programa o software SISVAR[®], versão 5.1.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este estudo fornece a evidência de que a piraclostrobina favoreceu o crescimento e o acúmulo de massa seca das plantas quando submetidas a -DH (Figura 1 - A, B e C). Aumentos significativos em 28 e 17% para a MST foi encontrada nas plantas submetidas a -DH na concentração de 1,4 g/L de piraclostrobina quando comparada com as plantas na concentração de 0 e 0,7 g/L, evidenciando que a maior concentração da molécula contribuiu de forma efetiva para o incremento na MST (Figura 1A). Aumento na matéria seca também foi constatado em diferentes culturas, como no tomate (MARTINAZZO et al., 2015) e na soja (BALARDIN et al., 2011; FAGAN et al., 2010). No cafeeiro Catuaí Vermelho, Paulo Júnior et al. (2013), encontraram aumentos significativos na matéria seca total 60% superior nas plantas onde foi aplicada piraclostrobina em relação às plantas testemunha (pulverizadas com água). Segundo Fagan et al. (2010), a piraclostrobina atua no incremento da assimilação de carbono e nitrogênio, podendo assim, favorecer o aumento na MST das plantas de café submetidas a -DH.

De maneira contrária, aos resultados encontradas nas plantas submetidas a -DH, sob déficit hídrico (+DH) as plantas não apresentaram diferenças significativas entre as médias da MST, independentemente da concentração de piraclostrobina utilizada, evidenciando, que em condições de estresse a piraclostrobina não contribuiu para o incremento na MST (Figura 1A). Este fato pode estar ligado diretamente à falta de distribuição e/ou redistribuição da piraclostrobina

nos tecidos foliares, e destes últimos para os demais órgãos vegetais, uma vez que supunha-se um baixo conteúdo de água presente nos tecidos em função do déficit hídrico aplicado, comprometendo assim, o efeito da piraclostrobina no cafeeiro.

É importante enfatizar que a baixa disponibilidade hídrica encontrada no substrato, por sua vez, pode afetar a absorção de água pelas raízes e concomitantemente alterar o gradiente de fluxo de água e nutrientes para a parte aérea, diminuindo a taxa transpiratória das plantas e a abertura estomática, e posteriormente diminuir a entrada de CO₂ no interior das folhas e a fixação do carbono nos cloroplastos, resultando em menor incremento na MST (FLOSS, 2011). Aliado a tudo isso, é interessante relatar ainda, que um dos efeitos biofísicos mais precoces, conhecido em tecidos vegetais submetidos ao déficit hídrico é a redução da turgidez, que afeta diretamente a expansão e o alongamento das células, fatores estes responsáveis para o crescimento (TAIZ; ZEIGER, 2013), o que por sua vez, pode também ter contribuído para a não ocorrência de ganho em MST nas plantas que receberam piraclostrobina.

A MSPA também foi influenciada pela piraclostrobina nas plantas submetidas a -DH. A maior concentração de piraclostrobina (1,4g/L) proporcionou incrementos significativos na MSPA na ordem de 25 e 19% em relação as plantas pulverizadas com a concentração de 0 e 0,7 g/L de piraclostrobina (Figura 1B). O incremento na MSPA apresentada pelas plantas submetidas a -DH na concentração de 1,4 g/L de piraclostrobina pode estar ligado a um efeito atribuído às alterações fisiológicas ocasionadas pelas estrobirulinas, o qual tem favorecido o crescimento e o desenvolvimento de várias culturas, que é o aumento da atividade da enzima nitrato redutase e, conseqüentemente, levar o incremento na assimilação de nitrogênio e sua incorporação em moléculas orgânicas (BARBOSA et al., 2011; FAGAN et al., 2010; MARTINAZZO et al., 2015).

De forma semelhante ao que aconteceu para a MST, a MSPA nas plantas submetidas a +DH também não apresentaram diferenças significativas entre as médias, independentemente da concentração de piraclostrobina utilizada (Figura 1B), o que pode estar relacionado ao fato da necessidade de turgescência nos tecidos para que a piraclostrobina possa atuar e promover seus efeitos sobre o crescimento do cafeeiro arábica.

Alterações no crescimento e na partição de assimilados da raiz foram promovidas pela piraclostrobina ao longo do desenvolvimento das plantas. As plantas submetidas a -DH e tratadas com a concentração de 1,4 g/L de piraclostrobina apresentaram incrementos significativos na MSR em 29 e 14% em relação as plantas tratadas com as concentrações de 0 e 0,7 g/L de piraclostrobina, respectivamente (Figura 1C), evidenciando que a maior concentração de piraclostrobina utilizada favoreceu o crescimento das raízes em condições de adequada disponibilidade hídrica no substrato. Estes resultados são semelhantes aos obtidos por Paulo Júnior et al. (2013), que também encontraram aumentos significativos na MSR de mudas do cafeeiro Catuaí tratadas com piraclostrobina.

Para as plantas submetidas ao déficit hídrico (+DH) não foram encontradas diferenças significativas entre as médias da MSR para as concentrações de piraclostrobina utilizadas no estudo (Figura 1C).

Outro efeito marcante observado no cafeeiro foi o aumento da AF promovido pela aplicação de piraclostrobina. As plantas submetidas a -DH e tratadas com piraclostrobina na concentração de 1,4 g/L apresentaram aumentos significativos de 20% na AF em relação às plantas não tratadas com esta molécula (Figura 2A). Porém, não houve diferenças significativas entre as médias de AF para as plantas tratadas com 1,4 e 0,7 g/L de piraclostrobina. Em estudos realizados por Paulo Júnior et al. (2013) em cafeeiro, e Lima, Moraes e Silva (2012) em bananeira, verificaram-se aumentos significativos em AF promovido pela aplicação de piraclostrobina.

O incremento em área foliar é um fator significativo no crescimento vegetal, uma vez que a folha é o órgão responsável pela fotossíntese. Quanto maior a área foliar, maior será a interceptação da radiação solar pela planta, e, portanto, maior a capacidade de realizar fotossíntese, o que conseqüentemente irá favorecer o incremento em matéria seca (COSTA; MARENCO, 2007; TATAGIBA et al., 2016). Venâncio et al. (2004) ainda ressaltaram que além de favorecer o incremento em área foliar, a piraclostrobina atua proporcionando aumento no número de folhas e retarda sua senescência, por reduzir a síntese do etileno. Para as plantas submetidas a +DH e tratadas ou não com piraclostrobina, não foram encontradas diferenças significativas entre as médias para a AF, como também aconteceu para as demais características de matéria seca avaliadas no presente estudo (Figura 2A).

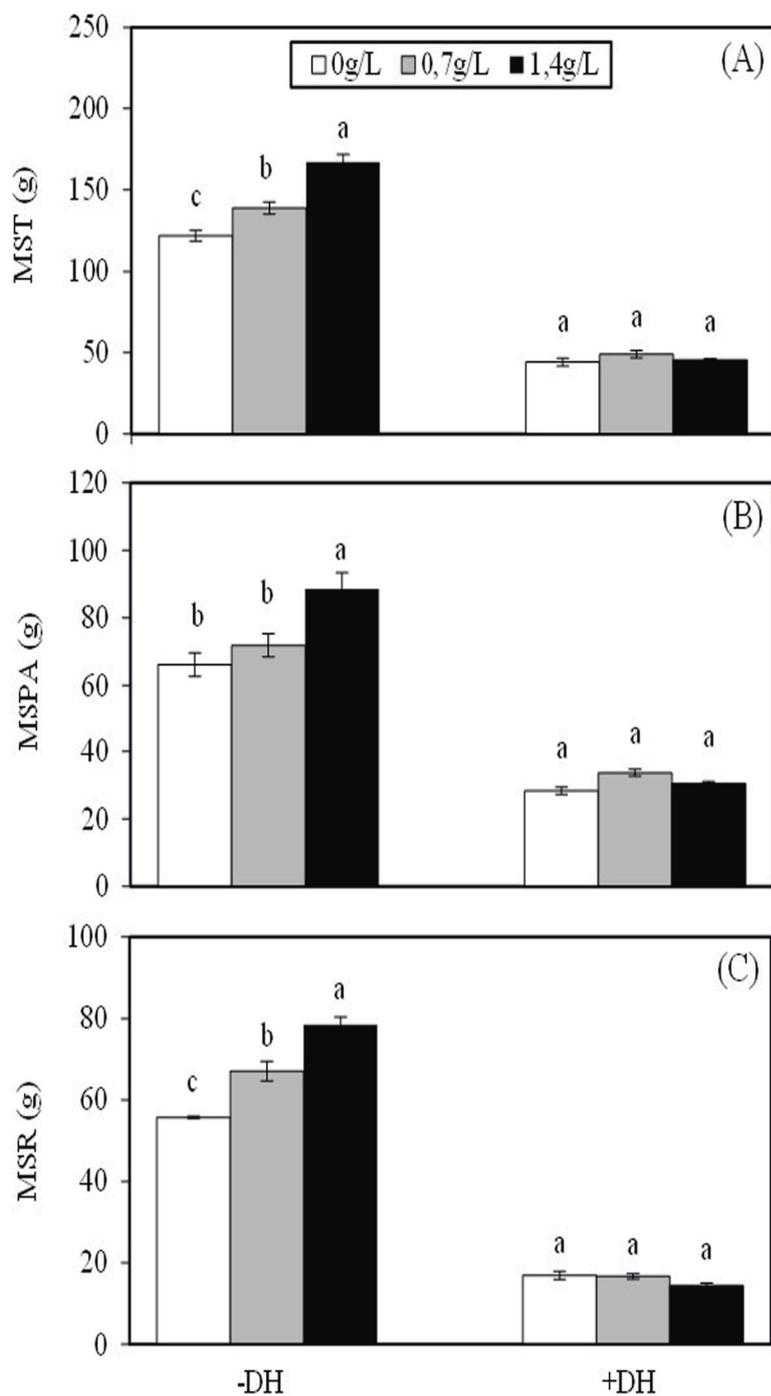


FIGURA 1 - Matéria seca total (MST) (A), matéria seca da parte aérea (MSPA) (B) e matéria seca da raiz (MSR) (C) em plantas de *C. arabica*, submetidas a diferentes concentrações de piraclostrobina e a 100 (Plantas sem déficit hídrico) e 30% de água disponível (Plantas com déficit hídrico), -DH e +DH, respectivamente, mantidas em casa de vegetação no município de Jerônimo Monteiro, situado na latitude 20°47'25" S, longitude 41°23'48" W e altitude de 120 m, aos 230 dias de idade. Médias seguidas de letras diferentes dentro da disponibilidade hídrica diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \geq 0.05$). Barras em cada ponto representam o erro padrão da média.

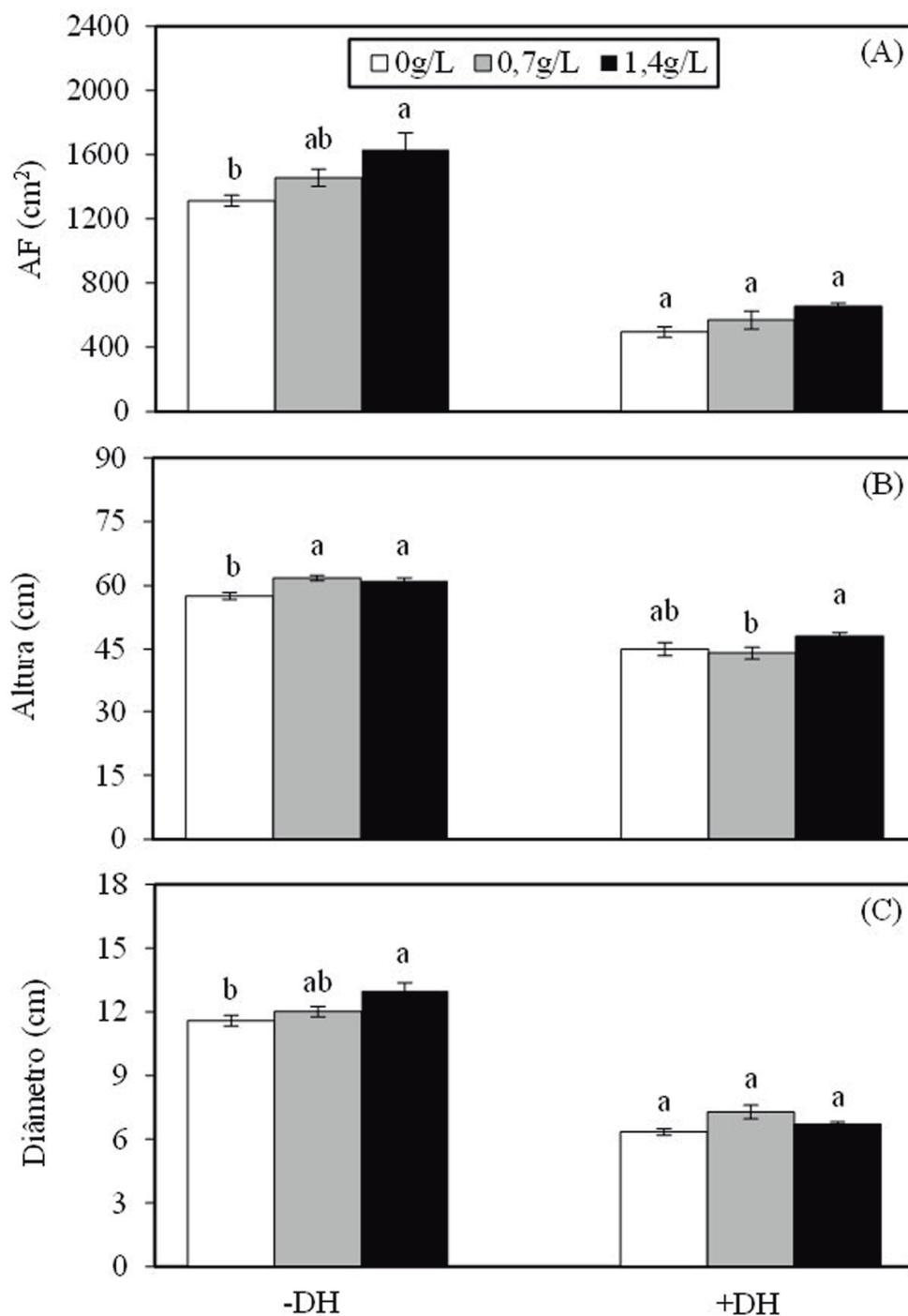


FIGURA 2 - Área foliar (AF) (A), altura (B) e diâmetro (C) em plantas de *C. arabica*, submetidas a diferentes concentrações de piraclostrobina e a 100 (Plantas sem déficit hídrico) e 30% de água disponível (Plantas com déficit hídrico), -DH e +DH, respectivamente, mantidas em casa de vegetação no município de Jerônimo Monteiro, situado na latitude 20°47'25" S, longitude 41°23'48" W e altitude de 120 m, aos 230 dias de idade. Médias seguidas de letras diferentes dentro da disponibilidade hídrica diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \geq 0.05$). Barras em cada ponto representam o erro padrão da média.

Segundo Floss (2011) as plantas deixam de investir em crescimento e desenvolvimento de folhas, quando submetidas ao déficit hídrico, uma vez, que uma maior superfície foliar transpirante não traria benefício, sob tais condições. Ainda, se as plantas sofrerem estresse hídrico após um desenvolvimento inicial de área foliar, as folhas sofrerão senescência e, por fim, cairão. Tal ajustamento foliar é uma mudança importante, que melhora a adequação da planta a um ambiente com limitação hídrica (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Em relação à altura, observa-se na Figura 2B, que as plantas submetidas a -DH e tratadas com piraclostrobina, independentemente da concentração utilizada, apresentaram valores significativamente superiores às médias das plantas não tratadas com esta molécula, indicando que a aplicação de piraclostrobina contribuiu para o crescimento em expansão do ramo ortotrópico (haste principal). Resultados semelhantes foram encontrados por Lima, Moraes e Silva (2012) em bananeira, constatando-se aumento da altura em plantas tratadas com piraclostrobina em relação às plantas controle (pulverizadas com água).

As plantas submetidas a +DH e tratadas com piraclostrobina na concentração de 1,4g/L apresentaram valores significativamente iguais às plantas não tratadas (0 g/L) com esta molécula, indicando que a aplicação de piraclostrobina não afetou o crescimento em altura das plantas em condições de déficit hídrico (Figura 2B).

De modo geral, como aconteceu para as demais características de crescimento avaliadas, a piraclostrobina também favoreceu o incremento significativo no diâmetro das plantas submetidas a -DH. A aplicação de piraclostrobina na concentração de 1,4g/L favoreceu o aumento significativo da expansão radial da haste principal em relação às plantas não tratadas com a molécula (Figura 2C). Em plantas de bananeira, Lima, Moraes e Silva (2012) também verificaram aumento no diâmetro das plantas tratadas com piraclostrobina em relação às plantas não tratadas (pulverizadas com água). Verifica-se, ainda, na Figura 2C, que a piraclostrobina não afetou o crescimento do diâmetro das plantas submetidas ao déficit hídrico.

Köehle et al. (2002) relataram que a piraclostrobina pode ainda melhorar a eficiência no uso da água em plantas, indicando haver um maior aproveitamento na assimilação do dióxido de carbono e sua conversão em matéria seca por unidade de volume de água consumida. De fato, as plantas submetidas a -DH e tratadas com piraclostrobina na concentração de 1,4g/L apresentaram valores significativamente maiores de EUA_p em 27 e 16% em relação às plantas tratadas com 0 e 0,7 g/L da molécula, evidenciando que a aplicação de uma concentração mais elevada de piraclostrobina, favoreceu o incremento em matéria seca pelo mesmo volume de água utilizado (Figura 3).

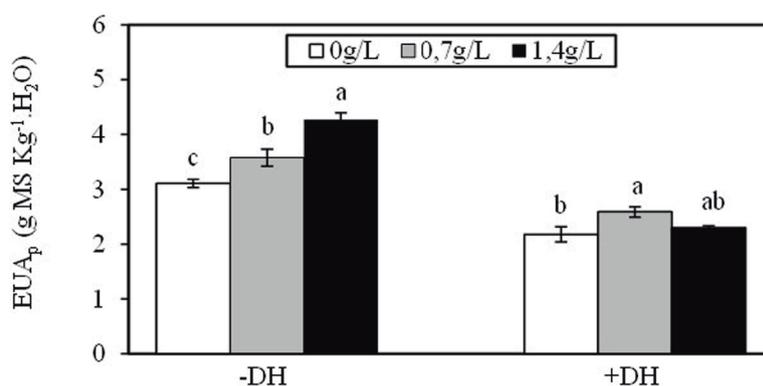


FIGURA 3 - Eficiência do uso da água de produtividade (EUA_p) em plantas de *C. arabica*, submetidas a diferentes concentrações de piraclostrobina e a 100 (Plantas sem déficit hídrico) e 30% de água disponível (Plantas com déficit hídrico), -DH e +DH, respectivamente, mantidas em casa de vegetação no município de Jerônimo Monteiro, situado na latitude 20°47'25" S, longitude 41°23'48" W e altitude de 120 m, aos 230 dias de idade. Médias seguidas de letras diferentes dentro da disponibilidade hídrica diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \geq 0.05$). Barras em cada ponto representam o erro padrão da média.

Jadoski et al. (2015) em feijoeiro também encontraram aumentos significativos na eficiência no uso da água instantânea, o qual foi favorecida pela aplicação de piraclostrobina. Kao e Forseth (1992) sugeriram que o aumento da EUA_p pode ocorrer devido à manutenção da taxa fotossintética da planta, mesmo com o fechamento parcial dos estômatos. Contudo, quando a concentração de CO_2 for alta, o aumento da eficiência do uso da água pode ser relacionado à transpiração e à condutância estomática. Grossmann e Retzlaff (1997) ainda ressaltaram que a piraclostrobina aumenta a fotossíntese líquida, por alterar no ponto de compensação de CO_2 , favorecendo a absorção de dióxido de carbono em oposição a sua liberação pela respiração, o que contribui para o incremento na matéria seca das plantas. Esse efeito pode ser explicado pela inibição transitória da respiração da planta quando tratada com fungicidas a base de estrobilurinas.

Por fim, observa-se que as plantas submetidas a +DH e tratadas com 0,7 g/L de piraclostrobina apresentaram valores significativamente superiores na EUA_p em relação às plantas não tratadas com esta molécula, enquanto, nas mesmas condições hídricas, as plantas tratadas com 0,7 e 1,4 g/L de piraclostrobina não apresentaram diferenças significativas para as médias de EUA_p (Figura 3). Estes resultados indicam que sob déficit hídrico a piraclostrobina contribuiu de forma eficiente para a economia de água pela planta, favorecendo assim uma maior eficiência no uso da água em cafeeiro arábica.

4 CONCLUSÕES

A piraclostrobina favoreceu o crescimento vegetativo e acúmulo de massa seca das plantas de cafeeiro arábica submetidos a -DH, principalmente quando utilizada a concentração de 1,4 g/L. Sob déficit hídrico, o crescimento das plantas não foi favorecido pela aplicação de piraclostrobina, evidenciando a necessidade do controle de água como estratégia de manejo adequado para a produção.

5 REFERÊNCIAS

- BALARDIN, R. S. et al. Tratamento de sementes com fungicidas e inseticidas como redutores dos efeitos do estresse hídrico em plantas de soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 7, p. 1120-1126, 2011.
- BARBOSA, K. A. et al. Aplicação de estrobilurina na cultura do milho: alterações fisiológicas e bromatológicas. **Cerrado Agrociências**, Patos de Minas, v. 2, n. 2, p. 20-29, set. 2011.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.
- FAGAN, E. B. et al. Efeito da aplicação de piraclostrobina na taxa fotossintética, respiração, atividade da enzima nitrato redutase e produtividade de grãos de soja. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 4, p. 771-777, 2010.
- FIALHO, G. S. et al. Comportamento de plantas de café arábica submetidas ao déficit hídrico durante o desenvolvimento inicial. **Ideias**, Cárca, v. 28, n. 3, p. 35-39, sept./dic. 2010.
- FLOSS, E. L. **Fisiologia de plantas cultivadas**. 5. ed. Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, 2011. 734 p.
- GROSSMANN, K.; RETZLAFF, G. Bioregulatory effects of the fungicidal strobilurin kresoxim methyl in wheat (*Triticum aestivum* L.). **Pesticide Science**, Oxford, v. 50, p. 11-20, 1997.
- INTERNATIONAL COFFEE ORGANIZATION. **Trade statistic tables**. Disponível em: <http://www.ico.org/trade_statistics.asp>. Acesso em: 5 ago. 2016.
- JADOSKI, C. J. et al. Ação fisiológica da piraclostrobina na assimilação de CO_2 e na atividade de enzimas antioxidantes em plantas de feijão em diferentes tensões de água no solo. **Bragantia**, Campinas, v. 20, n. 2, p. 319-333, abr./jun. 2015.
- KAO, W. Y.; FORSETH, I. N. Responses of gas exchange and phototropic leaf orientation in soybean to soil water availability, leaf water potential, air temperature, and photosynthetic photon flux. **Environmental and Experimental Botany**, Elmsford, v. 32, n. 2, p. 153-161, 1992.
- KÖEHLE, H. et al. Physiological effects of the strobilurin fungicide F 500 on plants. In: DEHNE, H. W. et al. (Ed.). **Modern fungicides and antifungal compounds III**. Andover: DPG Spectrum Phytomedizin, 2002. p. 61-74.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2004. 531 p.
- LIMA, J. D.; MORAES, W. S.; SILVA, S. M. G. da. Respostas fisiológicas em mudas de bananeira tratadas com estrobilurinas. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 1, p. 77-86, jan./mar. 2012.

- MARTINAZZO, E. G. et al. Análise de crescimento e partição de assimilados em plantas de tomateiro cv. Micro-Tom submetidas ao nitrogênio e piraclostrobina. **Semina**, Londrina, v. 36, n. 5, p. 3001-3012, set./out. 2015.
- NAVARINI, L. et al. Controle químico da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi* Sidow) na cultura da soja. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 33, n. 2, p. 182-186, 2007.
- PAULO JÚNIOR, J. et al. Resposta fisiológica de mudas de café à aplicação foliar de estrobirulina piraclostrobina e silício. **Cerrado Agrociências**, Patos de Minas, n. 4, p. 42-57, nov. 2013.
- PEZZOPANE, J. R. M. et al. Zoneamento de risco climático para a cultura do café Conilon no Estado do Espírito Santo. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 41, n. 3, p. 341-348, 2010.
- PIZETTA, S. C. et al. Análise do crescimento do cafeeiro arábica em relação a fração de água transpirável no solo. **Coffee Science**, Lavras, v. 11, n. 1, p. 46-54, jan./mar. 2016.
- PREZOTTI, L. C. et al. **Manual de recomendação de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo: 5ª aproximação**. Vitória: SEEA/INCAPER/CEDAGRO, 2007. 305 p.
- RODRIGUEZ, R. R. et al. Crescimento inicial do cafeeiro conilon sob déficit hídrico no solo. **Coffee Science**, Lavras, v. 11, n. 1, p. 33-38, jan./mar. 2016.
- SAKIYAMA, N. et al. **Café arábica do plantio a colheita**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2015. 316 p.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 954 p.
- TATAGIBA, S. D. et al. Crescimento de clones de eucalipto em diferentes condições microclimáticas e lâminas de água no solo. **Irriga**, Botucatu, v. 21, n. 1, p. 104-118, jan./mar. 2016.
- TSUMANUMA, G. M. et al. Crescimento de dois cultivares de soja submetidos a aplicações de herbicidas e fungicidas. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 57, n. 6, p. 742-750, 2010.
- VANGENUCHTEN, M. T. A closed-form for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v. 41, n. 5, p. 892-898, Sept. 1980.
- VENANCIO, W. S. et al. Physiological effects of strobirulin fungicides on plants. **Publication UEPG**, Ponta Grossa, v. 9, n. 3, p. 59-68, 2004.