

## EFEITOS DA APLICAÇÃO DO OXYFLUORFEN SOB TEORES DE PIGMENTOS FOTOSSINTÉTICOS EM CAFÉ<sup>1</sup>

Ivana Paula Ferraz Santos de Brito<sup>2</sup>, Alcebiades Rebouças São José<sup>3</sup>, Edivaldo Domigues Velini<sup>4</sup>, Sidnei Douglas Cavalieri<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Trabalho financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

<sup>2</sup> Engenheira Agrônoma, Doutoranda em Agronomia (Agricultura) FCA-UNESP. Botucatu-SP, ivanapaula@fca.unesp.br

<sup>3</sup> Professor Dr. do Departamento de Fitotecnia e Zootecnia da UESB. Vitória da Conquista-BA, alreboucas@gmail.com

<sup>4</sup> Professor Dr. do Departamento de Agricultura e Produção Vegetal da FCA-UNESP. vellini@fca.unesp.br

<sup>5</sup> Dr. em Agronomia (Agricultura) pela FCA-UNESP. Pesquisador da Embrapa Hortaliças. sidnei.cavalieri@embrapa.br

**RESUMO:** O objetivo desse trabalho foi verificar os efeitos de diferentes formas e a influência da ocorrência de chuva, logo após a aplicação de oxyfluorfen em mudas de café. O experimento foi realizado em casa de vegetação, utilizando mudas de café cv. catuaí vermelho, em delineamento em blocos casualizados, com sete formas de aplicação do herbicida oxyfluorfen e quatro repetições. As formas testadas foram: aplicação no solo com água de irrigação; aplicação na muda de café com água de irrigação; pulverização do herbicida com surfactante e sem simulação de chuva; pulverização sem surfactante e sem simulação de chuva; pulverização com surfactante e com simulação de chuva; pulverização sem surfactante e com simulação de chuva; testemunha. As avaliações foram aos 2 DAA e aos 7 DAA. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F e, para a comparação de médias, foi utilizado o teste Tukey a  $p < 0,05$ . Houve significância dos tratamentos para os teores de clorofila b e de antocianinas, aos 2DAA.

**PALAVRAS-CHAVE:** análises fisiológicas; *Coffea arabica* L.; herbicida.

## EFFECTS OF OXYFLUORFEN APPLICATION ON THE CONTENT OF PHOTOSYNTHETIC PIGMENTS IN COFFEE

**ABSTRACT:** The aim of this study was to verify the effects of different forms and the influence the occurrence of rain soon after application of oxyfluorfen on coffee plants. The experiment was conducted in a greenhouse, using coffee seedlings cv. catuaí red, in a randomized block design with seven forms of application of oxyfluorfen and four replications. The forms tested were: soil application with irrigation water, applying coffee seedling with water irrigation, herbicide spraying with surfactant and without simulated rain, spray without surfactant and without simulated rain, spray with surfactant and rainfall simulation; spraying without surfactant and with simulated rain; witness. Evaluations were done at 2 DAA and 7 DAA. The data were subjected to analysis of variance by F test and, for comparison of means, was used the Tukey test at  $p < 0.05$ . There was significance of treatments on the content of chlorophyll b anthocyanins, at the 2DAA.

**KEYWORDS:** physiological analyses; *coffea arabica* L.; herbicide.

### INTRODUÇÃO

A cafeicultura é uma importante atividade agrícola do país, sendo encontradas áreas produtoras em todas as regiões. Historicamente, o Brasil ocupa posição de destaque como maior produtor e grande exportador mundial dessa commodity (FREIRE et al., 2011), sendo de extrema importância evitar perdas no processo produtivo, dentre elas, as causadas pela interferência de plantas daninhas.

Um dos fatores mais importantes para o crescimento e adaptação das plantas aos mais variados ambientes é o conteúdo de clorofilas (RÊGO e POSSAMAI, 2004), dessa forma, segundo Oliveira et al. (2008), afetando o teor de clorofila, o herbicida contribui para um menor crescimento e desenvolvimento das plantas. A clorofila é o pigmento utilizado para realizar a etapa fotoquímica, sendo o primeiro estágio do processo fotossintético (MOKOCHINSKI, 2011), sendo o teor nas folhas um indicativo do nível de dano que determinado estresse pode estar causando à planta, já que a clorose é, normalmente, um dos primeiros sintomas expressos (CATUNDA et al., 2005).

O oxyfluorfen é um herbicida de contato indicado para o controle de plantas daninhas, em aplicações de pré ou pós-emergência inicial. Sua ação causa a inibição da enzima protoporfirinogênio oxidase, presente nos cloroplastos, causando o aparecimento de precursores da clorofila que, na presença de luz, são convertidos em moléculas que “desorganizam” as membranas celulares da planta, levando à necrose e à morte (GONÇALVES, 2009). Os efeitos das aplicações sobre as plantas podem causar muito mais do que sintomas visuais, sendo possível verificá-los através das análises laboratoriais, porém, quanto ao conteúdo de clorofila *a* e *b*, e carotenoides, Meschede et al. (2011) afirmam que

ainda há controvérsias nos trabalhos realizados, no que diz respeito à interferência dos herbicidas, sendo atualmente realizadas diversas experimentações com as diferentes culturas. Dessa forma, foram verificados neste trabalho os efeitos de diferentes formas e a influência da ocorrência de chuva, logo após a aplicação de oxyfluorfen sob pigmentos fotossintéticos de mudas de café.

## MATERIAL E MÉTODOS

As atividades experimentais foram realizadas em casa de vegetação, utilizando mudas de café (*Coffea arabica*) cv. catuaí vermelho com seis meses de idade e o herbicida oxyfluorfen. O experimento foi conduzido utilizando o delineamento em blocos casualizados - DBC, com sete modos de aplicação do herbicida, (aplicação no solo com água de irrigação; aplicação na planta com água de irrigação; pulverização do herbicida com surfactante e sem simulação de chuva; pulverização sem surfactante e sem simulação de chuva; pulverização com surfactante e com simulação de chuva; pulverização sem surfactante e com simulação de chuva; testemunha), com 4 blocos. Cada parcela foi constituída por uma muda plantada em vaso com dez litros de solo e, para as aplicações, utilizou-se a dose do herbicida oxyfluorfen de 1440 g ha<sup>-1</sup> do ingrediente ativo, correspondente a 6 L ha<sup>-1</sup> do produto comercial Goal, e o surfactante Aterbane na dose de 1 L ha<sup>-1</sup>. As aplicações na planta e no solo foram realizadas utilizando recipientes, com o cuidado para não haver maior deposição em determinado local, e para as pulverizações, utilizou-se um pulverizador estacionário no laboratório, com barra de pulverização, com quatro pontas XR11002, que deslocava-se a 3,6 km h<sup>-1</sup>, sob pressão constante de 1,5 bar, pressurizado por ar comprimido, e com volume de aplicação equivalente a 200 L ha<sup>-1</sup>. Para as simulações de chuva, foi utilizada uma segunda barra, no mesmo equipamento, sendo essa constituída por três pontas de pulverização TK-SS-20 de alta vazão, operada para produção de uma lâmina correspondente a 2,5 mm de precipitação, a cada passada, totalizando 67,5 mm.

As análises foram realizadas aos 2 e aos 7 dias após a aplicação, sendo analisados os teores de clorofila, carotenoides e antocianinas. A extração dos pigmentos fotossintéticos foi realizada na matéria fresca, segundo o método validado por Sims e Gamon (2002), que se basearam no coeficiente de absorvitividade molar (máxima capacidade de absorção de luz em determinado comprimento de onda e solvente) dos pigmentos: clorofila *a* e *b*, antocianinas e carotenoides em solução tamponada de acetona. Os tecidos foram pulverizados em nitrogênio líquido e acrescidas 3 mL de uma solução gelada de acetona/Tris-HCl (80:20, v:v, pH 7,8 0,2M), sendo a mistura homogeneizada em turrax, durante 1', e a extração conduzida em gelo e protegida da luz. Em seguida, as amostras foram centrifugadas a 2000 rpm por 5' e os sobrenadantes (limpos) imediatamente, conduzidos para leitura na região do visível a 663 (clorofila *a*), 647 (clorofila *b*), 537 (antocianina) e 470 (carotenoides) nanômetros no espectrofotômetro  $\mu$ Quant (BioTek).

Os valores de absorbância foram baseados nas fórmulas abaixo, sendo expressos em função do peso de folha fresca ( $\mu$ M mL<sup>-1</sup> mg<sup>-1</sup>).

$$\text{Clorofila } a \text{ (}\mu\text{mol mL}^{-1}\text{)} = 0,01373(A_{663}) - 0,000897(A_{537}) - 0,003046(A_{647})$$

$$\text{Clorofila } b \text{ (}\mu\text{mol mL}^{-1}\text{)} = 0,02405(A_{647}) - 0,004305(A_{537}) - 0,005507(A_{663})$$

$$\text{Antocianinas (}\mu\text{mol mL}^{-1}\text{)} = 0,08173(A_{537}) - 0,00697(A_{647}) - 0,002228(A_{663})$$

$$\text{Carotenoides (}\mu\text{mol mL}^{-1}\text{)} = \frac{\{A_{470} - [17,1.(Cl a + Cl b)] - 9,479.\text{antocianina}\}}{119,26}$$

Os dados foram submetidos aos testes de homogeneidade das variâncias e normalidade dos erros, e sendo os resultados não-significativos, foi realizada análise de variância pelo teste F. Para a comparação de médias, aplicou-se o teste Tukey (p<0,05), sendo utilizado o programa estatístico SISVAR, versão 5.3 (FERREIRA, 2010).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resumo das análises de variância apresentados na Tabela 1 demonstra que para as análises realizadas aos 2DAA houve significância da forma de aplicação para os teores de clorofila *b* e de antocianinas. Aos 7DAA não houve significância das fontes de variação para as análises realizadas.

**Tabela 1 - Resumo da análise de variância das análises de clorofila *a* e *b*, carotenoides e antocianina, em mudas de café em função do modo de aplicação aos 2 dias (1) e aos 7 dias (2) após a aplicação do herbicida.**

Fonte de variação	GL	Quadrado médio do resíduo			
		Clorofila <i>a</i> ( $\mu$ g g <sup>-1</sup> )	Clorofila <i>b</i> ( $\mu$ g g <sup>-1</sup> )	Carotenoides ( $\mu$ g g <sup>-1</sup> )	Antocianinas ( $\mu$ g g <sup>-1</sup> )
Forma de Aplicação (1)	6	1313748,11	192949,80*	24207,35	136701,06*
Bloco (1)	3	191284,08	184264,81	51988,53*	64575,00
Resíduo (1)	18	992357,63	65067,20	13281,38	27850,84
CV (1) (%)		59,55	51,66	27,78	56,58
Forma de Aplicação (2)	6	329141,73	171629,66	10310,27	301891,10

Bloco (2)	3	360342,33	35572,17	3967,36	61137,46
Resíduo (2)	18	751394,63	105803,83	28912,76	100384,79
CV (2) (%)		52,18	52,46	35,42	63,73

\* Significativo a ( $p < 0,05$ ) pelo teste F.

Para os teores de clorofila *a* não houve diferença entre os tratamentos realizados, sendo que, para a clorofila *b*, os tratamentos não diferiram da testemunha, que não recebeu doses do herbicida (Tabela 2). Os tratamentos 3 e 5, respectivamente, pulverizado com adição de surfactante e sem simulação de chuva, e o pulverizado com surfactante e com chuva, apresentaram menores teores em relação ao tratamento 4, o pulverizado sem surfactante e com simulação de chuva, podendo ser verificado a ação do surfactante, que facilita a penetração do produto nas superfícies foliares. Com maior contato com a folha, espera-se que o oxyfluorfen, que atua inibindo a PROTOX que, por sua vez, atua na síntese de clorofila (OLIVEIRA et al., 2008), seja responsável pela redução do teor de clorofila.

**Tabela 2 - Teor de clorofila *a* e clorofila *b* em folhas de mudas de café sob as diferentes formas de aplicação do herbicida oxyfluorfen aos 2 e aos 7 dias após a aplicação.**

Tratamento	2 DAA		7 DAA	
	Clorofila <i>a</i>	Clorofila <i>b</i>	Clorofila <i>a</i>	Clorofila <i>b</i>
(1) Via água de irrigação no solo	1327,79 a	458,60 ab	1621,68 a	511,26 a
(2) Via água de irrigação na planta	1354,30 a	476,16 ab	1770,40 a	594,50 a
(3) Pulverizado com surfactante e sem chuva	995,28 a	299,55 b	1782,09 a	760,02 a
(4) Pulverizado sem surfactante e sem chuva	1588,35 a	427,20 ab	1345,21 a	309,72 a
(5) Pulverizado com surfactante e com chuva	2782,55 a	303,79 b	1337,05 a	487,15 a
(6) Pulverizado sem surfactante e com chuva	1795,77 a	949,04 a	1602,91 a	927,42 a
(7) Testemunha	1865,96 a	542,33 ab	2168,44 a	750,14 a

\*Médias seguidas por mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

De acordo com Oliveira et al. (2008), teores de clorofila, assim como de carotenoides, podem ser utilizados como indicadores para avaliação da fitotoxicidade causada por herbicidas, visto que, segundo Vidal (1997), os carotenoides estão presentes nas membranas do cloroplasto com basicamente a função de, na forma de calor, dissipar a energia química armazenada pelas clorofilas.

Aos 7DAA foi possível notar, no geral, um aumento dos teores de clorofila *b* (Tabela 2), deixando assim, de haver diferenças entre os tratamentos.

Para os teores de carotenoides os tratamentos realizados não apresentaram diferenças, assim como verificado por Duarte (2006), ao utilizar diferentes herbicidas, dentre eles o oxyfluorfen em três doses inferiores e uma superior, em mudas de aroeira, e Oliveira et al. (2008), com as mesmas características das doses anteriores, em mudas de cedro australiano.

**Tabela 3 - Teor de antocianinas em folhas de mudas de café sob as diferentes formas de aplicação do herbicida oxyfluorfen aos 2 e aos 7 dias após a aplicação.**

Tratamento	Antocianinas	
	2 DAA	7 DAA
(1) Via água de irrigação no solo	196,87 ab	315,75 a
(2) Via água de irrigação na planta	161,14 b	298,81 a
(3) Pulverizado com surfactante e sem chuva	177,77 b	478,84 a
(4) Pulverizado sem surfactante e sem chuva	545,32 a	985,43 a
(5) Pulverizado com surfactante e com chuva	529,49 a	589,66 a
(6) Pulverizado sem surfactante e com chuva	366,03 ab	284,32 a
(7) Testemunha	188,04 ab	647,17 a

\*Médias seguidas por mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Para os teores de antocianinas (Tabela 3), verificou-se que os tratamentos 4 e 5, pulverizado sem surfactante e sem chuva e o pulverizado com surfactante e com chuva, respectivamente, apresentaram os maiores teores aos 2DAA, sendo que não diferiram da testemunha, enquanto que os tratamentos 2 e 3, aplicação sobre a planta, e pulverizado com surfactante e sem chuva apresentaram os menores valores. A análise aos 7DAA demonstra que as diferenças existentes inicialmente deixam de existir. A antocianina é um pigmento localizado no vacúolo de células vegetais e pertencente ao grupo dos flavonoides (TIMBERLAKE, 1981), e, de acordo com Rocha (2010), sua presença nos vegetais poderia ter como atividade a eliminação de radicais livres.

## CONCLUSÕES

A ocorrência de chuva logo após as aplicações influenciou na absorção do herbicida pelas mudas de café, e consequentemente nos efeitos negativos causados.

As diferentes formas de aplicação causaram reduzida fitointoxicação, podendo ser verificada a recuperação das plantas com o passar do tempo.

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB, e à Faculdade de Ciências Agrônomicas da Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” – UNESP.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CATUNDA, M.G.; FREITAS, S.P.; OLIVEIRA, J.G. ; SILVA, C.M.M.. Efeitos de herbicidas na atividade fotossintética e no crescimento de abacaxi (*Ananas comosus*). Planta daninha [online], vol.23, n.1. 2005.
- DUARTE, N.F. Seletividade de herbicidas sobre *Myracrodruon urundeuva* (aroeira). Planta Daninha, v. 24, n. 2, 2006.
- FERREIRA, D.F. SISVAR 5.3. Sistema de Análises Estatísticas. Lavras: UFLA, 2010.
- FREIRE, A. H.; REIS, R. P.; FONTES, R. E.; VEIGA, R.D. Eficiência Econômica da Cafeicultura no Sul de Minas Gerais: uma aplicação da fronteira de produção. Coffee Science, Lavras-MG, v. 6, n. 2. 2011
- GONÇALVES, K.S. Seletividade de herbicidas aplicados em pré e pós-emergência para cultura do pinhão manso (*Jathropa curcas L.*) Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Fitotecnia), Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Vitória da Conquista. 88 p. 2009.
- MOKOCHINSKI, F. M. Variação Estacional do Teor de Clorofila em Mudas de Espécies Florestais sob Diferentes Condições de Luminosidade. TCC (Curso de Engenharia Florestal). Universidade Estadual do Centro-Oeste – UNICENTRO. Irati – MT. 2011.
- LIVEIRA, J.R.; DUARTE, N. F.; FASSIO, P. O. Análise dos teores de clorofila e carotenoides como indicadores de fitotoxicidade de herbicidas em *Toona ciliata* var. australis. I Jornada Científica e VI FIPA do CEFET Bambuí. Anais... Bambuí/MG . 2008.
- RÊGO, G.M.; POSSAMAI, E. Avaliação dos teores de clorofila no crescimento de mudas de Jequitibá-Rosa (*Cariniana legalis*). Comunicado Técnico 128, Colombo, PR, EMBRAPA, Dezembro, 2008.
- ROCHA, S. A. Antioxidantes em vegetais pós-colheita de origem orgânica. Tese (doutorado) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”. Botucatu - SP. 2010.
- SIMS, D.A.; GAMON, J.A. Relationships between leaf pigment content and spectral reflectance across a wide range of species, leaf structures and developmental stages. Remote Sensing of Environment, 81. 2002.
- TIMBERLAKE, C.F. Anthocyanins in fruit and vegetables. IN J. Friend; M. J. C. Rhodes (Eds.), Recent advances in the biochemistry of fruit and vegetables. New York: Academic Press. 1981.
- VIDAL, R.A.; Herbicidas: Mecanismos de ação e resistência de plantas. Porto Alegre, RS, 1997.