

## AVALIAÇÃO DA SELETIVIDADE INICIAL DE HERBICIDAS PARA O TOMATEIRO POR MEIO DA ANÁLISE DE FLUORESCÊNCIA DA CLOROFILA

CAVALIERI, S.D. (Embrapa Hortaliças, Brasília/DF – cavalieri@cnph.embrapa.br),  
CAVALIERI, J.D. (FCA – UNESP, Botucatu/SP – jdcavaliere@fca.unesp.br), PERES, A.J.A.  
(FCA – UNESP, Botucatu/SP – ajaperes@fca.unesp.br), GIROTTO, M. (FCA – UNESP,  
Botucatu/SP – girotto@fca.unesp.br), PONTES, N.C. (IF Goiano, Morrinhos/GO –  
nadson.pontes@ifgoiano.edu.br), RODRIGUES, J.D. (IBB – UNESP, Botucatu/SP –  
mingo@ibb.unesp.br), VELINI, E.D. (FCA – UNESP, Botucatu/SP – velini@fca.unesp.br)

**RESUMO:** A análise da fluorescência da clorofila vem sendo utilizada no entendimento dos mecanismos da fotossíntese propriamente dito, bem como na avaliação da capacidade fotossintética alterada com a aplicação de herbicidas. Objetivou-se com este trabalho analisar a fluorescência da clorofila por meio da avaliação da taxa de transporte de elétrons em tomateiro como forma de avaliar a seletividade inicial de herbicidas aplicados em pré-transplante. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com oito tratamentos (testemunha sem herbicida, metribuzin - 480 g ha<sup>-1</sup>, oxyfluorfen - 480 g ha<sup>-1</sup>, sulfentrazone - 100 g ha<sup>-1</sup>, clomazone - 400 g ha<sup>-1</sup>, flumioxazin - 50 g ha<sup>-1</sup>, metribuzin+s-metolachlor - 240+1680 g ha<sup>-1</sup> e mesotrione - 100 g ha<sup>-1</sup>) e seis repetições. A análise da fluorescência por meio da avaliação da taxa de transporte de elétrons (ETR) do fotossistema II (FSII) da fotossíntese foi realizada por meio de duas leituras aleatórias em cada parcela (vaso de 2 L) a 4, 24, 48, 72, 96, 120, 168 e 192 horas após o transplante, sendo realizadas na porção mediana das folhas com auxílio de um fluorômetro portátil. A avaliação da taxa de transporte de elétrons por meio da análise da fluorescência da clorofila destaca-se como um método rápido e simples na avaliação inicial da seletividade de herbicidas para o tomateiro. No entanto, diante dos resultados com o herbicida metribuzin (480 g ha<sup>-1</sup>), pode-se enfatizar que essa metodologia tende a ser mais eficaz para os herbicidas inibidores de FSII, pelo efeito mais direto dos herbicidas possuidores desse mecanismo de ação no FSII em detrimento dos demais mecanismos de ação.

**Palavras-chave:** *Solanum lycopersicum*, taxa de transporte de elétrons, eficiência fotossintética, fitointoxicação.

## INTRODUÇÃO

Nas situações em que o período crítico de prevenção de interferência de plantas daninhas na cultura do tomateiro é muito longo, a principal medida de controle para minimizar as perdas de produtividade é a aplicação de herbicidas (Hernandez et al., 2007). Entretanto, o uso inadequado de herbicidas pode intoxicar a cultura devido à baixa tolerância que essa apresenta (Gomes Jr. & Christoffoleti, 2008). Logo, a busca por herbicidas que apresentem seletividade à cultura é de extrema importância para reduzir perdas ocasionadas por plantas daninhas.

A energia solar é absorvida pela planta por pigmentos presentes no complexo antena, os quais são responsáveis por transferir energia para os centros de reação dos fotossistemas II e I (Young & Frank, 1996). Quando ocorre excesso de energia, essa pode ser dissipada na forma de fluorescência (Krause & Winter, 1996). Portanto, uma das formas de monitoramento da inibição de transferência de elétrons entre os fotossistemas de plantas sob a aplicação de herbicidas, observada ainda em folhas intactas, é a fluorescência da clorofila (Maxwell & Johnson, 2000), em que a diminuição no aproveitamento da energia pelo processo fotoquímico é refletida por incremento correspondente na fluorescência.

Boa parte dos herbicidas atuam direta ou indiretamente na cadeia transportadora de elétrons, podendo bloquear ou reduzir a taxa de transporte de elétrons (ETR) e, por conseguinte, a produção de ATP, NAPH<sub>2</sub> e a síntese orgânica. Assim, a avaliação da fluorescência da clorofila pode ser utilizada como metodologia complementar para fornecer informações mais detalhadas no que se refere à seletividade de herbicidas.

Objetivou-se com este trabalho analisar a fluorescência da clorofila por meio da avaliação da taxa de transporte de elétrons em tomateiro como forma de avaliar a seletividade inicial de herbicidas aplicados em pré-transplante.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa-de-vegetação do Núcleo de Pesquisas Avançadas em Matologia (NUPAM), pertencente à Faculdade de Ciências Agrônômicas da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", FCA/UNESP, Botucatu-SP. As parcelas foram constituídas por vasos (2 L), preenchidos com solo previamente corrigido e adubado conforme análises químicas, contendo uma planta de tomate cv. Floradade cada.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com oito tratamentos (testemunha sem herbicida, metribuzin - 480 g ha<sup>-1</sup>, oxyfluorfen - 480 g ha<sup>-1</sup>, sulfentrazone - 100 g ha<sup>-1</sup>, clomazone - 400 g ha<sup>-1</sup>, flumioxazin - 50 g ha<sup>-1</sup>, metribuzin+s-

metolachlor - 240+1680 g ha<sup>-1</sup> e mesotrione - 100 g ha<sup>-1</sup>) e seis repetições, totalizando 48 parcelas.

A aplicação dos herbicidas foi realizada cerca de 12 horas após uma chuva simulada (lâmina de 5 mm) por meio de um pulverizador estacionário instalado em laboratório, munido de uma barra contendo quatro bicos com pontas do tipo XR 110.02, espaçadas de 0,5 m e posicionadas a 0,5 m de altura em relação aos alvos. Por ocasião da aplicação, o sistema foi operado com velocidade de deslocamento de 3,6 km h<sup>-1</sup> e volume de aplicação correspondente a 200 L ha<sup>-1</sup>. O equipamento foi operado com pressão constante de 200 kPa pressurizado por ar comprimido. A temperatura no momento da aplicação era de 23 °C e a umidade relativa de 65%.

O transplante das mudas (estádio de duas folhas verdadeiras) foi realizado em seguida à aplicação dos herbicidas, sendo aplicada uma nova lâmina de água 24 horas após na forma de chuva simulada para incorporá-los ao solo. Posteriormente, as unidades experimentais foram transportadas para a casa-de-vegetação sob condições controladas: temperatura de 25 a 30 °C e umidade relativa do ar de 60%, permanecendo até o término do ensaio.

A avaliação da taxa de ETR do fotossistema II (FSII) da fotossíntese foi realizada por meio de duas leituras aleatórias em cada unidade experimental a 4, 24, 48, 72, 96, 120, 168 e 192 horas após o transplante, sendo realizadas na porção mediana das folhas com auxílio de um fluorômetro portátil, modelo Multi-Mode Chlorophyll Fluorometer OS5p (Opti-Sciences).

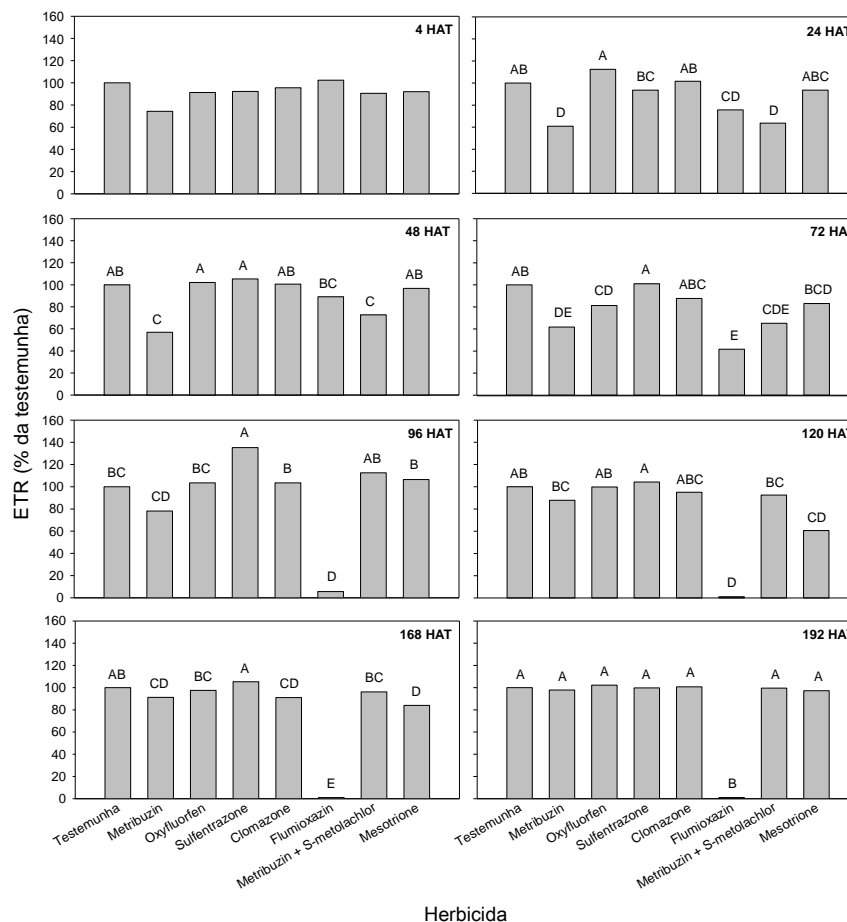
Os dados de ETR ( $\mu\text{Mols elétrons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) foram expressos em porcentagem da testemunha, considerada 100%, sendo submetidos aos testes de Levene e Shapiro-Wilk com o intuito de averiguar os pressupostos da análise de variância (homogeneidade de variâncias e normalidade dos erros). Como os pressupostos não foram atendidos, mesmo após várias tentativas de transformação, procedeu-se à análise não paramétrica de Friedman, com prévia transformação dos dados para seus valores em postos (Ranks), sendo as médias comparadas pelo Teste de Bonferroni-Dunn ( $p < 0,05$ ), utilizando-se o programa estatístico SAS 9.2 (Statistical Analysis System, SAS Institute, Cary, NC).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 observam-se os resultados das leituras de ETR relativa (%) realizadas nas plantas de tomateiro nos diferentes períodos de tempo após a aplicação dos herbicidas. Já a 24 horas após o transplante (HAT) foi possível constatar alterações na ETR das plantas. Assim, tomando-se sempre a testemunha como referência para a comparação, os



tratamentos com metribuzin ( $480 \text{ g ha}^{-1}$ ), flumioxazin ( $50 \text{ g ha}^{-1}$ ) e metribuzin+s-metolachlor ( $240+1680 \text{ g ha}^{-1}$ ) reduziram significativamente a ETR do tomateiro. Na leitura realizada a 48 HAT somente os tratamentos com metribuzin isolado ( $480 \text{ g ha}^{-1}$ ) e em associação com s-metolachlor ( $240+1680 \text{ g ha}^{-1}$ ) proporcionaram redução na ETR das plantas. A partir de 72 HAT os efeitos foram mais evidentes, em que somente os tratamentos com sulfentrazone ( $100 \text{ g ha}^{-1}$ ) e mesotrione ( $100 \text{ g ha}^{-1}$ ) não reduziram a ETR do tomateiro.



**Figura 1.** Taxa de transporte de elétrons (ETR) relativa (%) de tomateiro cv. Floradade a 4, 24, 48, 72, 96, 120, 168 e 192 horas após a aplicação de diferentes herbicidas. Para cada gráfico, médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste não paramétrico de Bonferroni-Dunn ( $p < 0,05$ ) em nível de 5% de probabilidade.

A 96 HAT o tratamento com sulfentrazone ( $100 \text{ g ha}^{-1}$ ) apresentou ETR superior a de todos os tratamentos, superando inclusive a testemunha. Nesse período de tempo após o transplante, somente os tratamentos com metribuzin isolado ( $480 \text{ g ha}^{-1}$ ) e flumioxazin ( $50 \text{ g ha}^{-1}$ )

ha<sup>-1</sup>) reduziram de forma significativa a ETR das plantas de tomate. Na leitura realizada 120 HAT os herbicidas mesotrione (100 g ha<sup>-1</sup>) e flumioxazin (50 g ha<sup>-1</sup>) foram os que apresentaram redução de ETR em relação à testemunha. Já a 168 HAT, os tratamentos com os herbicidas metribuzin (480 g ha<sup>-1</sup>), clomazone (400 g ha<sup>-1</sup>), flumioxazin (50 g ha<sup>-1</sup>) e mesotrione (100 g ha<sup>-1</sup>) proporcionaram redução significativa de ETR, onde o flumioxazin matou as plantas de tomate. Na última avaliação, realizada a 192 HAT, as plantas de todos os tratamentos apresentaram ETR estatisticamente igual à testemunha, com exceção do tratamento com flumioxazin que, conforme relatado, desde a avaliação anterior (168 HAT) provocou morte das plantas.

É importante ressaltar que após a aplicação de herbicidas há a possibilidade de o tratamento não proporcionar danos visíveis de intoxicação na cultura. Dessa forma, a avaliação de fluorescência da clorofila como método para avaliar possíveis injúrias ao aparelho fotossintético destaca-se como uma ferramenta complementar na avaliação da seletividade de herbicidas. Adicionalmente, apesar da recuperação da taxa de transporte de elétrons em relação à testemunha sem aplicação de herbicida, é possível que danos iniciais no aparelho fotossintético possam resultar em perdas de produtividade da cultura.

## CONCLUSÕES

A avaliação da taxa de transporte de elétrons por meio da análise da fluorescência da clorofila destaca-se como um método rápido e simples na avaliação inicial da seletividade de herbicidas para o tomateiro. No entanto, diante dos resultados com o herbicida metribuzin (480 g ha<sup>-1</sup>), pode-se enfatizar que essa metodologia tende a ser mais eficaz para os herbicidas inibidores de FSII, pelo efeito mais direto dos herbicidas possuidores desse mecanismo de ação no FSII em detrimento dos demais mecanismos de ação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- GOMES JR., F. G.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Biologia e manejo de plantas daninhas em áreas de plantio direto. **Planta Daninha**, v. 26, n. 4, p. 789-798, 2008.
- HERNANDEZ, D. D. et al. Períodos de interferência de maria-pretinha sobre tomateiro industrial. **Hortic. Bras.**, v. 25, n. 2, p. 199-204, 2007.
- KRAUSE, G. H.; WINTER, K. Photoinhibition of photosynthesis in plants growing in natural tropical forest gaps: a chlorophyll fluorescence study. **Bot. Acta**, v. 109, n. 6, p. 456-462, 1996.
- MAXWELL, K.; JOHNSON, G. N. Chlorophyll fluorescence: a practical guide. **J. Exper. Bot.**, v. 51, n. 345, p. 659-668, 2000.
- SAS 9.2** (Statistical Analysis System, SAS Institute Inc., Cary, NC).
- YOUNG, A. L.; FRANK, H. A. Energy transfer reactions involving carotenoids: quenching of chlorophyll fluorescence. **J. Photochem. Photobiol. B: Biol.**, v. 36, n. 1, p. 3-15, 1996.