

## **Efeito de herbicidas sobre a taxa de transporte de elétrons e o acúmulo de matéria seca em tomateiro**

**Sidnei Douglas Cavalieri<sup>1</sup>; Luis Rodrigo Miyamoto Barberis<sup>2</sup>; Edivaldo Domingues Velini<sup>3</sup>; Natália Corniani<sup>4</sup>; Samir Paulo Jasper<sup>5</sup>; Jairo Vidal Vieira<sup>6</sup>**

<sup>1</sup>Embrapa Hortaliças. Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças, Rodovia Brasília/Anápolis BR 060 km 9, Caixa Postal 218, CEP 70359-970, Brasília – DF. Email: cavalieri@cnph.embrapa.br; <sup>2</sup>Faculdade de Ciências Agrônomicas - FCA/UNESP. Departamento de Produção Vegetal, Rua José Barbosa de Barros, nº 1780, Caixa Postal 237, CEP 18610-037, Botucatu – SP. Email:barberis@fca.unesp.br; <sup>3</sup>Faculdade de Ciências Agrônomicas - FCA/UNESP. Email: velini@fca.unesp.br; <sup>4</sup>Faculdade de Ciências Agrônomicas - FCA/UNESP. Email: nataliac@fca.unesp.br; <sup>5</sup>Faculdade de Ciências Agrônomicas - FCA/UNESP. Email: jasper@fca.unesp.br; <sup>6</sup>Embrapa Hortaliças. Email: jairo@cnph.embrapa.br.

### **RESUMO**

A seletividade de herbicidas é a base para o sucesso do controle químico de plantas daninhas na agricultura, sendo considerada como uma medida da resposta diferencial de diversas espécies de plantas a um determinado herbicida. Objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito dos herbicidas metribuzin e carfentrazone sobre a taxa de transporte de elétrons (ETR) do fotossistema II (FSII) e o acúmulo de matéria seca em tomateiro. O experimento foi conduzido em casa-de-vegetação, num delineamento experimental inteiramente casualizado com sete repetições, sendo as parcelas constituídas por vasos (2 L) preenchidos com substrato comercial Plantmax<sup>®</sup>, contendo uma planta de tomate (cultivar floradade) cada. Os tratamentos obedeceram a um arranjo fatorial 5x12, sendo o primeiro fator constituído por aplicações de herbicidas (testemunha sem aplicação, metribuzin

– 480 g ha<sup>-1</sup>, metribuzin - 720 g ha<sup>-1</sup>, carfentrazone - 5 g ha<sup>-1</sup> e carfentrazone - 10 g ha<sup>-1</sup>), e o segundo por 12 períodos de avaliação da ETR após a aplicação (0,5; 1; 2; 4; 8; 24; 48; 72; 96; 120; 144 e 168 horas). A aplicação dos herbicidas foi realizada 15 dias após o transplante das mudas. Avaliou-se a ETR com auxílio de fluorômetro portátil e a massa de matéria seca das plantas. O metribuzin reduziu mais drasticamente a ETR das plantas, porém o carfentrazone destacou-se como o menos seletivo por comprometer a produção de massa de matéria seca.

**Palavras-chave:** *Lycopersicon esculentum*, herbicida, fotossíntese, ETR, biomassa

### **ABSTRACT**

**Effect of herbicides on the electron transport rate and accumulation of dry weight in tomato**

CAVALIERI SD; BARBERIS LRM; VELINI ED; CORNIANI N; JASPER SP; VIEIRA JV. 2011. Efeito de herbicidas sobre a taxa de transporte de elétrons e o acúmulo de matéria seca em tomateiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 51. Anais... Viçosa: ABH. 1261-1268

The selectivity of herbicides is the basis for the success of chemical weed control in agriculture, and it is also considered the differential response of several plant species to a certain herbicide. This study was aimed at evaluating the effect of the herbicides metribuzin and carfentrazone on the photosystem II (PSII) electron transport rate (ETR) and dry weight accumulation in tomato. The experiment was carried out in a greenhouse as a randomized experimental design interest with seven replications and the plots were vessels (2 L) filled with substrate Plantmax<sup>®</sup> containing one tomato plant (cultivar Floradade) each one. The treatments followed a factorial arrangement of 5x12, the first factor consists of

applications of herbicide (untreated control, metribuzin - 480 g ha<sup>-1</sup>, metribuzin - 720 g ha<sup>-1</sup>, carfentrazone - 5 g ha<sup>-1</sup> and carfentrazone - 10 g ha<sup>-1</sup>), and the second factor for 12 time periods after application (0.5, 1, 2, 4, 8, 24, 48, 72, 96, 120, 144 and 168 hours). The herbicide application was performed 15 days after transplanting. We evaluated the electron transport rate (ETR) using a portable fluorometer and dry weight of plants. The metribuzin reduced more drastically the ETR of plants, but the carfentrazone stood out as the least selective for compromising the dry weight production of the same.

**Keywords:** *Lycopersicon esculentum*, herbicide, photosynthesis, ETR, biomass

## INTRODUÇÃO

No cultivo do tomateiro é necessário manter as áreas livres da interferência de plantas daninhas, pelo menos durante o período crítico, ou seja, até que a cultura se desenvolva, cubra suficientemente a superfície do solo e não sofra mais a interferência negativa delas (Pereira, W., 2000). Assim, a utilização do método químico por meio da aplicação de herbicidas em pós-emergência é uma das opções que pode complementar os demais métodos de controle de plantas daninhas, as quais tendem a reduzir a produtividade da cultura. Entretanto, para que um tratamento seja adotado, é necessário que o mesmo apresente seletividade para a cultura.

Dentre as ferramentas que vêm sendo utilizadas para avaliar a seletividade de herbicidas inibidores da fotossíntese ou de outros herbicidas que possuam em seu modo de ação alguma atuação nela, destaca-se o monitoramento da inibição ou redução na

CAVALIERI SD; BARBERIS LRM; VELINI ED; CORNIANI N; JASPER SP; VIEIRA JV. 2011. Efeito de herbicidas sobre a taxa de transporte de elétrons e o acúmulo de matéria seca em tomateiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 51. Anais... Viçosa: ABH. 1261-1268

transferência de elétrons entre os fotossistemas de plantas através da fluorescência da clorofila (Maxwell e Johnson, 2000). Nessas condições, a redução na dissipação da energia pelo processo fotoquímico é refletida por incremento correspondente na fluorescência. A análise da fluorescência da clorofila vem sendo largamente utilizada no entendimento dos mecanismos da fotossíntese propriamente dita, bem como na avaliação da capacidade fotossintética alterada com a aplicação de herbicidas (Ireland et al., 1986). Para esse tipo de avaliação, são utilizados fluorômetros em aplicações que variam desde a rápida identificação de injúrias causadas ao aparelho fotossintético, mesmo quando o sintoma ainda não é visível, até a análise detalhada da alteração da capacidade fotossintética da planta.

O metribuzin, inibidor do FSII, é um dos poucos herbicidas registrados para a cultura do tomateiro que controla dicotiledôneas. Esse herbicida é recomendado em aplicações em pré-emergência, sendo muitas vezes aplicado também em pós-emergência por apresentar seletividade à cultura. Trabalhos de experimentação nos Estados Unidos têm demonstrado que o herbicida carfentrazone, inibidor da enzima protoporfirinogênio IX oxidase (Protox), tem apresentado sucesso no controle de plantas daninhas consideradas de difícil controle em tomateiro, apresentando razoável seletividade para a cultura.

Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito dos herbicidas metribuzin e carfentrazone sobre a taxa de transporte de elétrons do FSII e o acúmulo de matéria seca em tomateiro

## **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 substrato comercial Plantmax<sup>®</sup>, contendo uma planta de tomate (cultivar floradade) cada.

Os tratamentos obedeceram a um arranjo fatorial 5x12, sendo o primeiro fator constituído por aplicações de herbicidas (testemunha sem aplicação, metribuzin - 480 g ha<sup>-1</sup>, metribuzin - 720 g ha<sup>-1</sup>, carfentrazone - 5 g ha<sup>-1</sup> e carfentrazone - 10 g ha<sup>-1</sup>, e o segundo por 12 períodos de avaliação após a aplicação (0,5; 1; 2; 4; 8; 24; 48; 72; 96; 120; 144 e 168 horas). O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado com sete repetições.

CAVALIERI SD; BARBERIS LRM; VELINI ED; CORNIANI N; JASPER SP; VIEIRA JV. 2011. Efeito de herbicidas sobre a taxa de transporte de elétrons e o acúmulo de matéria seca em tomateiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 51. Anais... Viçosa: ABH. 1261-1268

A aplicação dos herbicidas foi realizada 15 dias após o transplante das mudas 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 e a temperatura no momento da aplicação era de 25°C com uma umidade relativa de 75%.

Após a aplicação dos tratamentos, foi avaliada a ETR do FSII por meio de duas leituras aleatórias em cada unidade experimental, as quais foram realizadas na porção mediana das folhas nos diferentes períodos de tempo após a aplicação, com auxílio de um fluorômetro portátil. Adicionalmente, aos 28 DAA, a parte aérea das plantas de tomate foi coletada e seca em estufa de ventilação forçada a 70 °C por 48 horas para a obtenção da massa de matéria seca.

Como o parâmetro ETR determina a taxa de transporte de elétrons fotossintéticos no FSII, o uso do valor da ETR permite detectar o efeito da atuação do herbicida em nível de concentração de 0,5 μmoles dm<sup>-3</sup>, enquanto o método tradicional, que inclui a medição do parâmetro Fv/Fm, permite detectar apenas em um nível de concentração que é 100 vezes maior, justificando o uso da metodologia empregada.

Os dados foram convertidos para porcentagem em relação à testemunha, considerada 100%, sendo submetidos à análise de variância, e as médias comparadas pelo teste de agrupamento Scott Knott a 5 % de probabilidade, utilizando-se o programa estatístico SISVAR (Ferreira, 1999).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A ETR das plantas de tomateiro (cultivar Floradade) foi, de forma geral, menos afetada pelo herbicida carfentrazone do que pelo herbicida metribuzin (Tabela 1). Dessa forma, já na primeira avaliação, realizada 0,5 horas após a aplicação (HAA) dos tratamentos, foi possível observar redução significativa da ETR na ordem de 11,8% e 13,5% para o metribuzin, nas doses de 480 g ha<sup>-1</sup> (dose recomendada) e 720 g ha<sup>-1</sup>, respectivamente. No que se refere ao carfentrazone, somente na avaliação realizada 8 HAA houve redução significativa da ETR, sendo esse efeito menos pronunciado que o

CAVALIERI SD; BARBERIS LRM; VELINI ED; CORNIANI N; JASPER SP; VIEIRA JV. 2011. Efeito de herbicidas sobre a taxa de transporte de elétrons e o acúmulo de matéria seca em tomateiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 51. Anais... Viçosa: ABH. 1261-1268

proporcionado pelo metribuzin, reduzindo a ETR em 7,7% e 7,9% quando aplicado nas doses de 5 e 10 g ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

Franck et al. (2009) monitorando a ETR em plantas de milho, *Digitaria* sp. e *Abutilon theophrasti* submetidas à aplicação do herbicida amicarbazone, constataram inibição total da ETR em *Digitaria* sp. e *Abutilon theophrasti* oito horas após a aplicação do herbicida. Já o milho manteve uma redução de aproximadamente 70% do ETR fotossintético com 24 horas após a aplicação do herbicida, sendo considerado mais tolerante ao amicarbazone quando comparado às plantas daninhas.

Considerando os períodos de tempo após a aplicação dos herbicidas (Tabela 1), para ambas as doses de metribuzin estudadas, as maiores reduções de ETR foram registradas 8 HAA. Assim, a ETR foi reduzida em 36,8% e 39% para as doses de 480 e 720 g ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Por outro lado, dentre todos os períodos avaliados, as menores reduções de ETR foram registradas nos períodos de 92 e 120 horas, sendo estatisticamente iguais à testemunha sem aplicação. Para o carfentrazone, nas quatro primeiras avaliações (0,5; 1; 2 e 4 HAA) não houve diferença significativa em relação à testemunha para ambas as doses testadas (5 e 10 g ha<sup>-1</sup>). Também para essas doses, as maiores reduções de ETR foram registradas 72 e 144 HAA. Araldi et al. (2010) relataram 51% de redução de ETR 24 HAA do herbicida amicarbazone para *I. grandifolia*, o que destaca o método como potencial na avaliação rápida da intoxicação de plantas por herbicidas inibidores de FSII.

Com relação à massa de matéria seca do tomateiro (Tabela 2), pode-se observar que a dose recomendada de metribuzin (480 g ha<sup>-1</sup>) não apresentou fitotoxicidade à cultura, resultando em plantas com matéria seca estatisticamente iguais à testemunha. Os demais tratamentos comprometeram significativamente a produção de matéria seca do tomateiro, sendo os tratamentos com metribuzin (720 g ha<sup>-1</sup>) e carfentrazone (5 g ha<sup>-1</sup>) estatisticamente iguais entre si e superiores ao tratamento com carfentrazone na maior dose (10 g ha<sup>-1</sup>).

Conforme mencionado anteriormente, o metribuzin possui como mecanismo de ação a inibição da fotossíntese, atuando no FSII, inibindo o transporte de elétrons e paralisando a fixação de CO<sub>2</sub> e a produção de ATP e NADPH<sub>2</sub>, os quais são elementos essenciais ao crescimento das plantas. A morte das plantas, entretanto, pode ocorrer devido a outros processos, como a peroxidação de lipídeos e proteínas, promovendo a destruição das

CAVALIERI SD; BARBERIS LRM; VELINI ED; CORNIANI N; JASPER SP; VIEIRA JV. 2011. Efeito de herbicidas sobre a taxa de transporte de elétrons e o acúmulo de matéria seca em tomateiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 51. Anais... Viçosa: ABH. 1261-1268

membranas e perda de clorofila (Oliveira Jr., 2001). Por outro lado, o carfentrazone atua inibindo a atividade da enzima protoporfirinogênio IX oxidase (Protox). Segundo Weller (2002) a inibição da síntese da protoporfirina IX gera um acúmulo desse pigmento nas plantas tratadas com os herbicidas desse grupo. A protoporfirina IX é produzida nos cloroplastos, pela ação da Protox, que tem o protoporfirinogênio IX como substrato. Como a regulação da rota depende prioritariamente da concentração de protoporfirina IX e seus derivados no interior dos cloroplastos, a paralisação da atividade dessa enzima gera um grande acúmulo de protoporfirinogênio IX que extravasa para o citosol. No citosol, o protoporfirinogênio IX é convertido, de modo não enzimático, a protoporfirina IX, que é acumulada em grandes concentrações (centenas de vezes superiores às normais). Esse pigmento produz, em contato com a luz nos comprimentos de onda capazes de induzir sua fluorescência, grandes quantidades de oxigênio singleto que promovem a oxidação de lipídeos e a ruptura de membranas, levando as células à morte.

Nas condições em que o estudo foi realizado, tomando-se como base a influência dos tratamentos sobre a produção de matéria seca pelas plantas, o fato de o herbicida metribuzin ser mais seletivo para o tomateiro que o carfentrazone, mesmo apresentando maior impacto sobre a fotossíntese das plantas, é bastante interessante. Diante disso, pode-se dizer que a menor produção de matéria seca pelo tomateiro após a aplicação dos herbicidas não necessariamente se deu em decorrência dos efeitos negativos dos mesmos na fotossíntese das plantas, e sim, por outros processos.

Todavia, os resultados do presente experimento confirmaram a seletividade do metribuzin ( $480 \text{ g ha}^{-1}$ ) para o tomateiro, podendo o herbicida ser aplicado em pós-emergência para o controle de plantas daninhas com seletividade para a cultura.

## REFERÊNCIAS

ARALDI R; VELINI ED; GIROTTO, M; GOMES GLGC; TRINDADE MLB; CARBONARI CA. 2010. Avaliação da eficiência fotossintética de *Ipomoea grandifolia*, *Brachiaria decumbens* e *Digitaria* sp. submetidas ao herbicida amicarbazone. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 27, 2010, Ribeirão Preto. Anais... Ribeirão Preto: SBCPD, 2010, p. 3134-3138.

FERREIRA DF. 1999. Sistema de análise de variância (SISVAR). versão 4.6. Lavras: Universidade Federal de Lavras, CD-ROM.

- CAVALIERI SD; BARBERIS LRM; VELINI ED; CORNIANI N; JASPER SP; VIEIRA JV. 2011. Efeito de herbicidas sobre a taxa de transporte de elétrons e o acúmulo de matéria seca em tomateiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 51. Anais... Viçosa: ABH. 1261-1268
- FRANCK ED; TRINDADE, MLB; VELINI ED. 2009. Amicarbazone, a new photosystem II inhibitor. *Weed Science* 57: 579-583.
- OLIVEIRA JR. RS. 2001. Mecanismos de ação de herbicidas. In: OLIVEIRA JR RS; CONSTANTIN J (eds). *Plantas daninhas e seu manejo*. Guaíba: Agropecuária. p.235-238.
- IRELAND CR; PERCIVAL MP; BAKER NR. 1986. Modification of the induction of photosynthesis in wheat by glyphosate, an inhibitor of amino acid metabolism. *Journal of Experimental Botany* 37: 299-308.
- MAXWELL K; JOHNSON GN. 2000. Chlorophyll fluorescence: a practical guide. *Journal of Experimental Botany* 51: 659-668.
- PEREIRA W. 2000. Tomate sem plantas daninhas. *Revista Cultivar Hortaliças e Frutas*. Disponível em: <http://www.grupocultivar.com.br/artigos/artigo.asp?id=154>. Acessado em 4 de maio de 2011.
- WELLER S. Photosystem II Inhibitors. In: *Herbicide Action Course*. Purdue University, West Lafayette. 2002. p. 127-80.

**Tabela 1.** Taxa de transporte de elétrons relativa (%) do fotossistema II do tomateiro (cultivar floradade) em diferentes períodos de tempo (horas) após a aplicação dos herbicidas metribuzin e carfentrazone [Photosystem II electron transport rate (%) of tomato (cultivar Floradade) in different time periods (hours) after application of metribuzin and carfentrazone herbicides]. Botucatu – SP, 2011.

Tempo (horas)	ETR relativa (%)				
	Herbicida				
	Testemunha	Metribuzin	Metribuzin	Carfentrazone	Carfentrazone
	Dose (g ha <sup>-1</sup> )				
	0	480	720	5	10
0,5	100,0 aA	88,2 cB	86,5 bB	97,9 aA	99,0 aA
1	100,0 aA	80,8 cB	76,3 cB	99,3 aA	101,8 aA
2	100,0 aA	81,3 cB	80,4 cB	97,9 aA	100,6 aA
4	100,0 aA	87,0 bB	76,4 cC	101,4 aA	102,3 aA
8	100,0 aA	63,2 dB	61,0 dB	92,3 bA	92,1 bA
24	100,0 aA	80,4 cB	76,7 cB	99,0 aA	98,3 bA
48	100,0 aA	86,1 bB	79,6 cB	92,4 bA	82,3 bB
72	100,0 aA	80,7 cC	74,8 cC	84,0 cC	90,5 bB
92	100,0 aA	98,3 aA	98,4 aA	91,2 aA	92,4 aA
120	100,0 aA	92,6 aA	97,7 aA	95,6 aA	88,9 bA
144	100,0 aA	89,4 bB	85,2 bB	81,6 cB	86,9 bB
168	100,0 aA	81,2 cC	79,4 cC	90,6 bB	100,3 aA
CV (%)	8,8				

Efeito de herbicidas sobre a taxa de transporte de elétrons e o acúmulo de matéria seca em tomateiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 51. Anais... Viçosa: ABH. 1261-1268

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade (Means followed by the same lowercase letter in the line, and upper case letter in the row, do not differ each other according to the Scott-Knott test at 5% probability).

**Tabela 2.** Massa de matéria seca relativa (%) do tomateiro (cultivar floradade) aos 28 dias após a aplicação (DAA) dos herbicidas metribuzin e carfentrazone [Relative dry weight (%) of tomato (cultivar Floradade) at 28 days after application (DAA) of metribuzin and carfentrazone herbicides]. Botucatu – SP, 2011

Herbicida	Dose (g ha <sup>-1</sup> )	Massa de matéria seca relativa (%)
Testemunha	0	100,0 A
Metribuzin	480	100,5 A
Metribuzin	720	78,1 B
Carfentrazone	5	66,3 B
Carfentrazone	10	45,9 C
CV (%)		27,6

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade (Means followed by same letter in the row, do not differ each other according to the Scott-Knott test at 5% probability).

