

EFICIÊNCIA FOTOSSINTÉTICA E CONSUMO DE ÁGUA DE *Ipomoea triloba* APÓS APLICAÇÃO DE HERBICIDAS¹

Photosynthetic Efficiency and Water Consumption of Ipomoea triloba after Herbicide Application

ARALDI, R.², GIROTTO, M.², VELINI, E.D.³, GOMES, G.L.G.C.², JASPER, S.P.², CARBONARI, C.A.³ e TRINDADE, M.L.B.⁴

RESUMO - Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar a fluorescência através da taxa de transporte de elétrons, consumo de água e intoxicação de plantas de *Ipomoea triloba* após aplicação de quatro herbicidas de diferentes mecanismos de ação. Os herbicidas aplicados foram: glyphosate, haloxyfop-methyl, diuron e amicarbazone. A aplicação foi feita com auxílio de um pulverizador estacionário instalado em laboratório; após a aplicação dos tratamentos, as plantas foram mantidas em casa de vegetação. Foi avaliada a taxa de transporte de elétrons (ETR), o consumo de água e a intoxicação das plantas em vários períodos após o início do experimento. Os dados de ETR e fitointoxicação foram expressos em porcentagem da testemunha e submetidos à análise de variância e à comparação das médias. Quanto ao consumo de água, os dados foram acumulados e ajustados por modelos de regressão. Assim, pode-se dizer que o fluorômetro é uma ferramenta adequada para verificar a intoxicação antecipada em plantas de *I. triloba* tratadas com os herbicidas amicarbazone e diuron, visto que a inibição da ETR foi verificada antes de qualquer intoxicação visual sofrida por essas plantas; o consumo de água está relacionado diretamente com o transporte de elétrons, com exceção das plantas submetidas ao haloxyfop-methyl, que não sofreram interferência no transporte de elétrons, mas reduziram o consumo de água.

Palavras-chave: fluorômetro, glyphosate, haloxyfop-methyl, diuron, amicarbazone.

ABSTRACT - This work was carried out to evaluate fluorescence through electron transport rate (ETR), water consumption and intoxication of Ipomoea triloba after application of four herbicides with different mechanisms of action. The herbicides glyphosate, haloxyfop-methyl, diuron, and amicarbazone were applied using a stationary sprayer installed in the laboratory. After application, the plants were kept under greenhouse conditions. Electron transport rate, water consumption and plant intoxication were evaluated at various periods after the start of the experiment. ETR and intoxication data were expressed as percentage of control and subjected to analysis of variance and comparison of means. The water consumption data were accumulated and adjusted to regression models. Based on the results obtained, it was concluded that the fluorometer is an appropriate tool to verify anticipated toxicity in plants of I. triloba treated with the herbicides amicarbazone and diuron, whereas ETR inhibition was observed before any visual intoxication experienced by the plants. Also, water consumption was found to be directly related to ETR, except for the plants subjected to haloxyfop-methyl which did not suffer electron transport interference, but reduced water consumption.

Keywords: fluorometer, glyphosate, haloxyfop-methyl, diuron, amicarbazone.

¹ Recebido para publicação em 28.7.2011 e aprovado em 25.4.2012.

² Pós-Graduação em Agronomia pela Faculdade de Ciências Agrônomicas – FCA/UNESP, Campus de Botucatu, Fazenda Experimental Lageado, Caixa Postal 237, 18603-970 Botucatu-SP, <araldi@fca.unesp.br>; ³ Professoras, Dr., Dep. de Agricultura, FCA/UNESP, Campus de Botucatu; ⁴ Pesquisadora, FCA/UNESP, Campus de Botucatu, Núcleo de Pesquisa Avançada em Matologia – NUPAM.



INTRODUÇÃO

Atualmente, entre as plantas daninhas mais problemáticas para agricultura, destacam-se as cordas-de-viola. Kissmann & Groth (1999) afirmaram que uma grande parte das espécies infestantes da região Sudeste brasileira pertence à família Convolvulaceae e ao gênero *Ipomoea*. A característica principal dessas plantas são os caules e ramos volúveis, que conferem o hábito de crescimento trepador. Além de competirem com a cultura, essas plantas podem interferir nas práticas culturais, especialmente na colheita mecanizada, cuja eficiência operacional da colhedora é reduzida pelo fato de as plantas estarem enroladas nos colmos da cultura (Elmore et al., 1990).

Ipomoea triloba é uma planta apreciada como ornamental por apresentar flores vistosas e intensamente coloridas, e, pelo fato de crescer sobre obstáculos, é usada também para cobrir caramanchões (Kissman & Groth, 1999). Entretanto, é uma planta daninha altamente prejudicial em culturas anuais de verão nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil, pois o seu ciclo é maior do que o das culturas e seus ramos, por serem muito extensos, interferem no momento da colheita. De acordo com Lorenzi (2000), além de ser altamente competitiva, essa infestante também vem se tornando problemática tanto em áreas onde o controle das plantas daninhas baseia-se no uso intensivo do glyphosate, como em áreas com colheita mecânica de cana-de-açúcar.

Em razão dessa grande competitividade exercida pelas plantas daninhas, vários estudos têm sido realizados com o objetivo de entender o comportamento dessas espécies daninhas e, conseqüentemente, manejá-las de forma satisfatória. Em relação ao controle químico, há várias opções de moléculas para ele.

O glyphosate é um herbicida que se destaca por exercer efetivo controle sobre grande número de espécies daninhas (Toledo et al., 2003). Trata-se de um herbicida sistêmico e não seletivo; seu mecanismo de ação baseia-se na interrupção da rota do ácido chiquímico, responsável pela produção dos aminoácidos aromáticos fenilalanina, tirosina e triptofano, essenciais para a síntese proteica e divisão

celular em regiões meristemáticas da planta (Cole et al., 1983).

Já o haloxyfop-methyl é utilizado como pós-emergente prioritariamente para o controle de Poaceae em culturas de folhas largas. Possui alto grau de seletividade, com pouca ou nenhuma atividade nessas folhas, sendo absorvido por estas e translocado no floema para regiões meristemáticas. Esse herbicida inibe a síntese de lipídios e, conseqüentemente, a produção de membranas celulares, paralisando o crescimento da planta (Stephenson et al., 2006). Os sintomas de injúria causados por esse herbicida não são evidentes até vários dias depois do tratamento, embora as plantas cessem o crescimento logo após a sua aplicação.

O diuron e o amicarbazone inibem a transferência de elétrons no fotossistema II, que, segundo Fuerst & Norman (1991), impede a redução da quinona A, por competir com a quinona B pelo sítio de ligação à proteína D₁, o que ocasiona a saída de Q_B e, conseqüentemente, interrupção no fluxo de elétrons, não permitindo com isso a redução do NADPH, a qual é essencial para a fixação de CO₂ (Breitenbach et al., 2001).

Em relação à fase de transporte de elétrons durante a fotossíntese nas plantas, tem-se que a luz é absorvida por pigmentos do complexo antena, que, ao excitarem os elétrons, transferem energia para os centros de reação dos fotossistemas II e I (Young & Frank, 1996). Quando ocorre excesso de energia, esta pode ser dissipada na forma de fluorescência (Krause & Winter, 1996). Portanto, uma das formas de monitoramento da inibição ou redução na transferência de elétrons entre os fotossistemas de plantas sob aplicação de herbicida – que pode ser observada ainda em folhas intactas – é a fluorescência da clorofila (Maxwell & Johnson, 2000), em que 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 dito, bem como na avaliação da capacidade fotossintética alterada com a aplicação de herbicidas (Ireland et al., 1986). Nesse 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 consumo de água pelas plantas é uma maneira também de avaliar a atuação dos herbicidas nas plantas daninhas, visto que a eficiência do uso da água pelas plantas está diretamente relacionada ao tempo de abertura estomática, que depende de uma série de fatores, como radiação solar, nível de CO₂ no mesófilo, umidade relativa e potencial hídrico, e de outros de menor magnitude, como vento, substâncias exógenas e ritmos endógenos próprios de cada espécie (Brodribb & Holbrook, 2003). Dessa forma, a ação de herbicidas em plantas daninhas pode reduzir a condutância estomática e, conseqüentemente, diminuir o consumo de água pelas plantas, levando-as à morte.

A presente pesquisa foi desenvolvida com o objetivo de avaliar a eficiência fotossintética, o consumo de água e a intoxicação de *I. triloba* após aplicação de quatro herbicidas com diferentes mecanismos de ação.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação no Núcleo de Pesquisas Avançadas em Matologia (NUPAM), pertencente à Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu-SP. Foram utilizados tubetes preenchidos com substrato Plant Max® para a semeadura de *I. triloba*. Após 30 dias da semeadura, as plantas foram arrancadas dos tubetes e preparadas para os tratamentos; todo o substrato foi cuidadosamente removido das raízes, evitando possíveis ferimentos no sistema radicular.

Em seguida, as plantas foram colocadas em tubos falcon de 50 mL, preenchendo-os com 45 mL de água por tubo. Eles tiveram a superfície isolada com papel-alumínio, para evitar evaporação no sistema, garantindo que a única forma de consumo de água fosse através da transpiração das plantas. Foi mantido um frasco somente com água e papel-alumínio, para aferir a eficiência do método e evitar a

evaporação de água. O consumo de água foi mensurado pela pesagem de cada um dos recipientes. Os tubos falcon com as plantas em água ficaram em repouso por 24 horas, visando ao restabelecimento da planta; em seguida, foram aplicados os diferentes herbicidas na parte aérea.

O experimento foi constituído de cinco tratamentos, que consistiram na aplicação de amicarbazone (1.050 g ha⁻¹), diuron (2.400 g ha⁻¹), glyphosate (2.400 g ha⁻¹), haloxyfop-methyl (54 g ha⁻¹), além de testemunha sem aplicação. O experimento foi instalado em delineamento inteiramente casualizado com seis repetições.

A aplicação do herbicida foi feita com auxílio de um pulverizador estacionário instalado em laboratório e munido de uma barra contendo quatro pontas do tipo XR110.02. A pulverização foi realizada sob pressão constante de 1,5 bar, pressurizado por ar comprimido, com consumo de calda equivalente a 200 L ha⁻¹. A temperatura no momento da aplicação foi de 25 °C, com umidade relativa de 70%.

Após a aplicação dos tratamentos, as plantas foram transportadas para casa de vegetação, onde ficaram até o término do estudo. As avaliações realizadas no experimento foram: taxa de transporte de elétrons, consumo de água e intoxicação das plantas.

Foi registrada a fluorescência através da leitura da taxa de transporte de elétrons (ETR) com um fluorômetro portátil nos intervalos de 1, 24, 72, 120, 168 e 216 horas após a aplicação dos herbicidas. As leituras foram realizadas na porção mediana das folhas de *I. triloba*.

A fonte de luz diodo utilizada para medir a fluorescência no aparelho Multi-Mode Chlorophyll Fluorometer OS5p (Opti-Sciences) tem pico de luz vermelha no comprimento de onda de 660 nm, bloqueando radiações maiores que 690 nm. A intensidade média da luz foi ajustada para o intervalo de 0 a 1 µMol m⁻² s⁻¹, com o uso da lâmpada halogênica 35 W. O feixe de luz foi opticamente monitorado no interior da câmara, para corrigir as variações devidas às mudanças na temperatura do ambiente no aparelho. Os sinais ópticos foram transferidos para a superfície da



folha por uma trifurcação personalizada de fibra óptica, sendo de 200 mm² a área iluminada. A luz reemitida foi conduzida via fibra óptica para o aparelho por meio de três conectores que ligam na lateral do OS5p. As análises foram feitas seguindo a metodologia de Genty et al. (1989), avaliando-se a emissão da fluorescência da clorofila na superfície superior das folhas.

Quanto à iluminação e detecção da fluorescência da clorofila das amostras de *I. triloba*, foi utilizado o protocolo Yield para mensuração da taxa de transporte de elétrons. Esse protocolo é otimizado para um estado da fotossíntese adaptado à luz porque registra as medidas de *quantum* efetivo produzido no fotossistema II (PSII). Tanto a fonte de luz do sol quanto a luz artificial podem ser usadas para dirigir a fotossíntese.

Taxa de transporte de elétrons (ETR) - $\mu\text{Mols elétrons m}^{-2} \text{ s}^{-1} = (Y) \cdot (\text{PAR}) \cdot (0,84) \cdot (0,5)$ é equivalente a: (produção de *quantum* do PSII) x (medidas da radiação fotossinteticamente ativa em $\mu\text{Mols elétrons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) x (coeficiente de absorção da folha) x (fração de luz absorvida pelo complexo antena do PSII). A ETR é uma medida da separação de cargas do centro de reação do PSII. Na equação são usados valores-padrão, porém ambos os coeficientes de absorção e fração da luz absorvida pelo PSII podem ser trocados. Embora 0,84 seja um valor médio para muitas espécies de plantas, trabalhos têm mostrado que o coeficiente de absorção da folha pode variar com a qualidade da luz, espécie, conteúdo de clorofila e refletância da folha. Para a fração de luz que é absorvida pelo complexo antena do PSII os trabalhos mostram que ocorre variação de acordo com a espécie, que se estende de 0,42 a 0,60 (Laisk & Loreto, 1996).

Como o parâmetro ETR determina a taxa de transporte de elétrons fotossintéticos no PSII, o uso do valor do ETR permite detectar o efeito da atuação do herbicida em nível de concentração de 0,5 micromol dm⁻³, 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 (Korres et al., 2003; Abbaspoor et al., 2006), justificando o uso da metodologia empregada.

O consumo de água foi verificado por meio da pesagem no primeiro dia após aplicação e, posteriormente, em intervalos de dois dias. A intoxicação foi avaliada aos 7, 14 e 21 dias após aplicação, por meio da escala de notas em porcentagem, em que zero correspondeu a nenhuma injúria e 100 à morte da planta (SBCPD, 1995). Após o encerramento do experimento, foi quantificada a massa seca das folhas, para o que foi utilizada uma câmara de circulação forçada com 44 °C por um período de sete dias. Com a massa seca de uma área conhecida, foi possível estimar a área foliar total das plantas, o que possibilitou a padronização do consumo de água das plantas em cm³ cm⁻².

Os dados de eficiência fotossintética foram expressos em porcentagem da testemunha e submetidos à análise de variância pelo teste F a 5% de probabilidade; a comparação das médias foi feita através do teste t a 10% de probabilidade. Os valores para DMS foram representados no gráfico. Os dados de intoxicação também passaram por essas análises. Já os dados de consumo de água foram expressos de forma acumulada em cm³ cm⁻², utilizando-se a análise de regressão simples ($y = a + bx$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Encontram-se na Figura 1 os dados que descrevem o comportamento da ETR para *I. triloba* após aplicação pós-emergente de haloxyfop-methyl, glyphosate, diuron e amicarbazone.

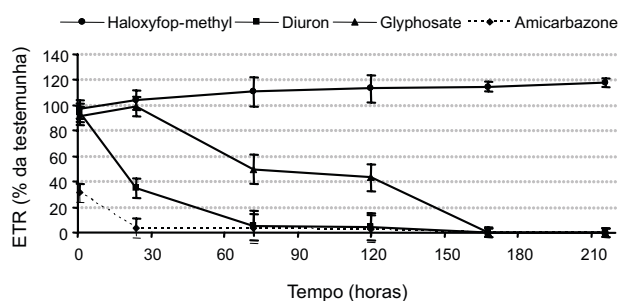


Figura 1 - Taxa de transporte de elétrons (ETR) em relação ao tempo (h), para plantas de *I. triloba* após aplicação de haloxyfop-methyl, glyphosate, diuron e amicarbazone. As barras indicam a DMS dos períodos avaliados. Botucatu-SP, 2011.

O amicarbazone foi o herbicida que mais rapidamente inibiu o transporte de elétrons. Com apenas uma hora após a aplicação, observou-se redução de 70% do transporte de elétrons, representado pelo valor de ETR. Essa maior velocidade na redução da ETR possivelmente esteja relacionada com a absorção e translocação mais rápida do herbicida até o sítio de ligação no fotossistema II das plantas, quando comparado com o diuron – herbicida de mesmo mecanismo de ação. Vinte e quatro horas após a aplicação, obteve-se redução superior a 95% da ETR, da qual seguiu para a inibição do processo fotossintético dessas plantas submetidas ao amicarbazone.

Araldi et al. (2010), após aplicação de 0,250 mg L⁻¹ de amicarbazone em solução no sistema radicular de *I. triloba*, verificaram reduções de 42, 76 e 97% da ETR às 4, 24 e 120 horas após aplicação, respectivamente. A aplicação do amicarbazone realizada nas folhas promoveu inibição mais rápida do transporte de elétrons no PSII das plantas de *I. triloba*, comparada com a aplicação do produto no sistema radicular.

De acordo com Perim et al. (2009), o herbicida amicarbazone é uma excelente ferramenta para controle em pós-emergência de *I. grandifolia* e *Merremia cissoides*, sobretudo como alternativa ao 2,4-D, em áreas próximas a culturas sensíveis à deriva e por apresentar residual superior no controle dessas plantas daninhas. Negrisoni et al. (2007) constataram elevada eficácia do amicarbazone para o controle de *I. grandifolia*, com alta sensibilidade aos tratamentos com o herbicida.

O diuron foi o segundo herbicida, em tempo, a apresentar rápida redução da ETR. A diferença significativa ocorreu 24 horas após aplicação, com 65% de redução da ETR das plantas. Às 72 horas, praticamente foi alcançada a inibição do processo fotossintético, com 95% de redução da ETR.

Essa redução rápida da ETR nas primeiras avaliações do experimento está relacionada ao fato de ambos os herbicidas pertencerem ao mecanismo de ação que inibe o transporte de elétrons no fotossistema II (Fuerst & Norman, 1991), justamente onde o fluorômetro detecta os valores de ETR. Em trabalho desenvolvido por Dayan et al. (2009), foi monitorada a ETR

em plantas de *Digitaria sanguinalis* e *Abutilon theophrasti*, quando submetidas à aplicação de amicarbazone e atrazine. A taxa de transporte de elétrons para ambas as espécies foi também muito rapidamente inibida com oito horas após a aplicação dos herbicidas.

O herbicida glyphosate inibiu de maneira indireta e mais lenta o transporte de elétrons nas plantas de *I. triloba*, pois não possui mecanismo de ação inibidor do PSII. Com 24 horas após aplicação, a ETR estava com valores similares aos da testemunha, e 50% de redução da ETR foi alcançada 72 horas depois da aplicação. A inibição total ocorreu somente 168 horas após a aplicação. Em um trabalho realizado com aplicação de glyphosate em *Brachiaria decumbens* sob solução nutritiva, observou-se controle acima de 95% nas plantas 360 horas após a aplicação (Tuffi Santos et al., 2005).

Com aplicação do haloxyfop-methyl em *I. triloba*, as plantas permaneceram em pleno funcionamento metabólico, com 100% da ETR da testemunha durante todo o período de avaliação do experimento. Esse herbicida não provocou qualquer interrupção no transporte de elétrons, sendo justificado esse comportamento pela não atuação da molécula em plantas de folhas largas (Stephenson et al., 2006). A seletividade do herbicida às espécies dicotiledôneas em geral encontra explicação no tipo e na compartimentalização da enzima ACCase na célula. Espécies gramíneas apresentam células apenas com uma forma de ACCase, tanto no citoplasma quanto no estroma dos cloroplastos. Já nas dicotiledôneas a forma presente no citoplasma seria equivalente à das gramíneas, enquanto a presente nos cloroplastos seria insensível à ação desses herbicidas e responderia por toda síntese de lipídios quando a enzima citoplasmática estivesse inibida (Sasaki et al., 1995).

Na Figura 2 encontram-se os dados ajustados para o consumo de água acumulado, nos diferentes períodos de avaliação do experimento com aplicação de haloxyfop-methyl, glyphosate, diuron e amicarbazone em pós-emergência sobre *I. triloba*. Na Tabela 1 estão apresentados os parâmetros e o coeficiente de determinação (R²) da equação de regressão linear para essa variável.



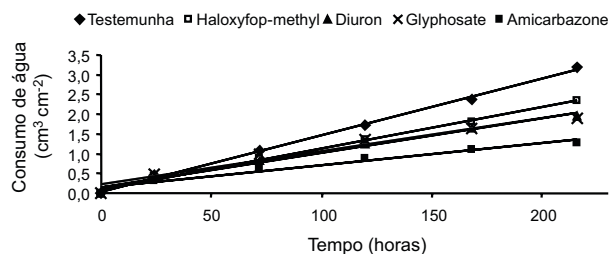


Figura 2 - Consumo de água acumulado de *I. triloba* em relação ao tempo, em horas, após a aplicação dos herbicidas haloxyfop-methyl, glyphosate, diuron e amicarbazone. Botucatu-SP, 2011.

Tabela 1 - Coeficiente de determinação e parâmetros do modelo linear para o consumo de água acumulado de *I. triloba* em relação ao tempo, em horas, após a aplicação dos herbicidas haloxyfop-methyl, glyphosate, diuron e amicarbazone. Botucatu-SP, 2011

Herbicida	R ²	Parâmetro do Modelo ^{1/}	
		a	b
Amicarbazone	0,9706	0,0057	0,1274
Diuron	0,9864	0,0088	0,1321
Glyphosate	0,9581	0,0084	0,2145
Haloxyfop-methyl	0,9951	0,0104	0,0937
Testemunha	0,9978	0,0143	0,0339

^{1/} Modelo: $y=ax + b$.

Analisando da Figura 2, nota-se que plantas submetidas ao amicarbazone tiveram menor consumo de água, assim como rápida redução da ETR no período avaliado, seguido do diuron e glyphosate, que apresentaram o mesmo comportamento no consumo de água durante a condução do experimento. O haloxyfop-methyl, apesar de não ter apresentado qualquer redução no transporte de elétrons, teve consumo de água inferior ao da testemunha.

Na Figura 3 está representada a porcentagem de controle para *I. triloba* após aplicação dos herbicidas. Os tratamentos com amicarbazone, diuron, glyphosate e haloxyfop-methyl alcançaram controle de 90, 80, 85 e 30%, respectivamente, aos sete dias após a aplicação (DAA).

Negrisoni et al. (2007), trabalhando com amicarbazone no controle de *I. grandifolia* em cana-de-açúcar colhida mecanicamente, identificaram sintomas de intoxicação aos sete dias após a aplicação. Toledo et al. (2009), também aos sete dias após a aplicação de

amicarbazone em plantas daninhas, obtiveram controle de 17,5% para *I. grandifolia* e de 5% para *B. decumbens*. Essa maior sensibilidade do amicarbazone a *I. grandifolia*, quando comparada à de *B. decumbens*, foi constatada também por Negrisoni et al. (2007).

Já Carbonari (2007) observou que o amicarbazone aplicado em diferentes condições e épocas permitiu obter elevados níveis de controle de *I. grandifolia*, *B. decumbens* e *Digitaria horizontalis*.

Aos 14 DAA, o tratamento com glyphosate apresentou 90% de intoxicação para *I. triloba*. Em experimento realizado por Tuffi Santos et al. (2005), com aplicação de glyphosate em *B. decumbens*, sob condição de solução, também se observou alto controle – da ordem de 95% aos 15 DAA –, em que as plantas apresentaram raízes com coloração amarronzada, indicando a necrose de tecidos.

O nível máximo de 100% de controle foi alcançado aos 21 DAA para as plantas submetidas ao amicarbazone, diuron e glyphosate. Já as plantas que receberam haloxyfop-methyl tiveram recuperação da intoxicação sofrida inicialmente, com valores próximos a 10% de intoxicação visual, quando comparadas à testemunha (Figura 3).

Assim, pode-se dizer que o fluorômetro é uma ferramenta adequada para verificar a intoxicação antecipada em plantas de *I. triloba* tratadas com os herbicidas amicarbazone e diuron, visto que a inibição da ETR foi verificada antes de qualquer intoxicação visual sofrida por essas plantas. Ainda, o consumo de

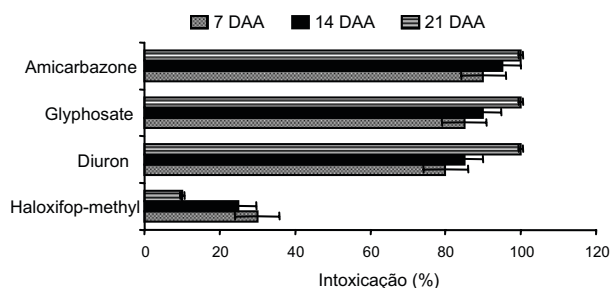


Figura 3 - Intoxicação (%) de plantas de *I. grandifolia* aos 7, 14 e 21 dias após aplicação (DAA) de haloxyfop-methyl, glyphosate, diuron e amicarbazone. As barras indicam a DMS dos períodos avaliados. Botucatu-SP, 2011.

água está relacionado diretamente com o transporte de elétrons, com exceção das plantas submetidas ao haloxyfop-methyl, que não sofreram interferência no transporte de elétrons, mas reduziram o consumo de água em relação à testemunha.

LITERATURA CITADA

- ABBASPOOR, M.; TEICHER H. B.; STREIBIG J. C. The effect of root-absorbed PSII inhibitors on Kautsky curve parameters in sugar beet. **Weed Res.**, v. 46, n. 3, p. 226-235, 2006.
- ARALDI, R. et al. 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: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 2010. p. 3134.
- BREITENBACH, J.; ZHU, C.; SANDMAN, G. Bleaching herbicide norflurazon inhibits phytoene desaturase by competition with the cofactors. **J. Agric. Food Chem.**, v. 49, n. 11, p. 5270-5272, 2001.
- BRODRIBB, T. J.; HOLBROOK, N. M. Stomatal closure during leaf dehydration, correlation with other leaf physiological traits. **Plant Physiol.**, v. 132, n. 4, p. 2166-2173, 2003.
- CARBONARI, C. A. **Eficácia do herbicida amicarbazone em aplicação conjunta com a colheita de cana-de-açúcar no controle das principais plantas daninhas da cultura.** 2007. 119 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Proteção de Plantas) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2007.
- COLE, D. J.; CASELEY, J. C.; DODGE, A. D. Influence of glyphosate on selected plant process. **Weed Res.**, v. 23, n. 3, p. 173-183, 1983.
- DAYAN, F. E.; TRINDADE, M. L. B.; VELINI, E. D. Amicarbazone, a new photosystem II inhibitor. **Weed Sci.**, v. 57, n. 6, p. 579-583, 2009.
- ELMORE, C. D.; HURST, H. R.; AUSTIN, D. F. Biology and control of morning-glories (*Ipomoea* spp.). **Weed Sci.**, v. 5, p. 83-114, 1990.
- FUERST, E. P.; NORMAN, M. A. Interactions of herbicides with photosynthetic electron transport. **Weed Sci.**, v. 39, n. 3, p. 458-464, 1991.
- GENTY, B.; BRIANTAIS, J. M.; BAKER, N. R. The relationship between the quantum yield of photosynthetic electron-transport and quenching of chlorophyll fluorescence. **Biochim. Biophys. Acta**, v. 990, n. 1, p. 87-92, 1989.
- IRELAND, C. R.; PERCIVAL, M. P.; BAKER, N. R. Modification of the induction of photosynthesis in wheat by glyphosate, an inhibitor of amino acid metabolism. **J. Exper. Bot.**, v. 37, n. 176, p. 299-308, 1986.
- KISSMANN, K. G.; GROTH, D. **Plantas infestantes e nocivas.** 2.ed. São Bernardo do Campo: BASF, 1999. 978 p.
- KORRES, N. E.; FROUD-WILLIAMS, R. J.; MOSS, S. R. Chlorophyll fluorescence technique as a rapid diagnostic test of the effects of the photosynthetic inhibitor chlortoluron on two winter wheat cultivars. **Ann. Appl. Biol.**, v. 143, n. 1, p. 53-56, 2003.
- 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.
- LAISK, A.; LORETO, F. Determining photosynthetic parameters from leaf CO₂ exchange and chlorophyll fluorescence. Ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase specificity factor, dark respiration in the light, excitation distribution between photosystems, alternative electron transport rate, and mesophyll diffusion resistance. **Plant Physiol.**, v.110, n.3, p.903-912, 1996.
- LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas.** 3.ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2000. p. 212-220.
- MAXWELL, K.; JOHNSON, G. N. Chlorophyll fluorescence: a practical guide. **J. Exper. Bot.**, v. 51, n. 345, p. 659-668, 2000.
- NEGRISOLI, E. et al. Controle de plantas daninhas pelo amicarbazone aplicado na presença de palha de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v. 25, n. 3, p. 603-611, 2007.
- PERIM, L. et al. Eficácia do herbicida amicarbazone no controle em pós-emergência de espécies de corda-de-violão (*Ipomoea grandifolia* e *Merremia cissoides*). **R. Bras. Herbic.**, v. 8, n. 1, p. 19-26, 2009.
- SASAKI, Y.; KONISHI, T.; NAGANO, Y. The compartmentation of acetyl-coenzyme A carboxylase in plants. **Plant Physiol.**, v. 108, n. 2, p. 445-449, 1995.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS – SBCPD. **Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas.** Londrina: 1995. 42 p.
- STEPHENSON, G. R. et al. Glossary of terms relating to pesticides (IUPAC Recommendations 2006). **Pure Appl. Chem.**, v. 78, n. 11, p. 2075-2154, 2006.



TOLEDO, R. E. B. et al. Faixas de controle de plantas daninhas e seus reflexos no crescimento de plantas de eucalipto. **Sci. For.**, v. 64, n. 1, p. 78-92, 2003.

TOLEDO, R. E. B. et al. Eficácia do herbicida amicarbazone aplicado sobre a palha ou no solo no controle de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v. 27, n. 2, p. 319-326, 2009.

TUFFI SANTOS, L. D. et al. Exsudação radicular do glyphosate por *Brachiaria decumbens* e seus efeitos em plantas de eucalipto e na respiração microbiana do solo. **Planta Daninha**, v. 23, n. 1, p. 143-152, 2005.

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.

