

EFEITO DO GLYPHOSATE SOBRE PARÂMETROS FISIOLÓGICOS DE BIÓTIPOS DE *Conyza sumatrensis*

MARIANI, F. (PPGFs - UFPel, Capão do Leão/RS – marianifranciele@gmail.com), SANTOS, F. M. (IFRS – Sertão, Sertão/RS – fernando.machado@sertao.ifrs.edu.br), VARGAS, L. (Embrapa Trigo – Passo Fundo/RS – vargas@cnpt.embrapa.br), CHRISTOFFOLETI, P. J. (ESALQ / USP, Piracicaba/SP – pjchrist@esalq.usp.br), AGOSTINETTO, D. (UFPel, Capão do Leão/RS – dirceu.agostinetto@pq.cnpq.br), RUCHEL, Q. (PPGFs - UFPel, Capão do Leão/RS - queli.ruchel@yahoo.com.br)

RESUMO: A buva (*Conyza* spp.) é uma das principais plantas daninhas resistentes ao glyphosate na região sul do Brasil e alterações nos parâmetros fisiológicos podem ser usados para caracterizar biótipos resistentes. O objetivo do trabalho foi determinar alterações no processo fotossintético após a aplicação do herbicida glyphosate em biótipos de *C. sumatrensis*, resistente e suscetíveis ao herbicida, coletados no Estado do Rio Grande do Sul. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com três repetições. Os tratamentos constaram de quatro biótipos de *C. sumatrensis* denominados 2, 5, 17 e 20 e o glyphosate, na dose de 1.440 g e.a. ha⁻¹ foi aplicado nas plantas em estágio de 3 - 4 folhas. As variáveis foram avaliadas aos 0 (antes da aplicação do herbicida), 3, 7, 10 e 14 dias após tratamento (DAT), sendo elas taxa máxima de assimilação líquida de carbono ($A_{máx}$), transpiração (E) e eficiência do uso da água (EUA), realizadas utilizando analisador de gases no infravermelho (IRGA). De acordo com os resultados, houve redução da $A_{máx}$, em todos os biótipos tratados com glyphosate em comparação com 0 DAT, sendo que aos 14 DAT o biótipo 5 apresentou maior $A_{máx}$, comparado com os demais biótipos. O glyphosate inibe a taxa de assimilação líquida de carbono e causa interferência na eficiência do uso da água dos biótipos suscetíveis. No biótipo resistente inibe parcialmente a taxa de máxima de assimilação líquida de carbono e não causa interferência no uso eficiente da água.

Palavras-chave: Buva, fotossíntese, EPSPs, resistência

INTRODUÇÃO

Na região sul do Brasil uma das principais plantas daninhas resistentes ao glyphosate é a buva (*Conyza* spp.), considerada de elevado potencial competitivo pelos recursos essenciais de crescimento e alta dispersibilidade de suas sementes, podendo causar danos diretos e indiretos às culturas. No Brasil, foi constatada a resistência ao glyphosate em

biótipos das espécies de buva *C. bonariensis*, *C. canadensis* e *C. sumatrensis* em áreas de soja transgênica resistente ao glyphosate (LAMEGO e VIDAL, 2008; SANTOS, 2012). Os mecanismos de resistência das plantas ao glyphosate foram parcialmente descritos em dois mecanismos, reduzida translocação do glyphosate para as zonas meristemáticas da planta e alteração no sítio de ação do herbicida (POWLES e PRESTON, 2006).

O herbicida glyphosate apresenta como mecanismo de ação a inibição da 5-enolpiruvilchiquimato-3-fosfato sintase (EPSPs), responsável pela reação de condensação do chiquimato-3-fosfato e fosfoenolpiruvato em EPSP e fosfato inorgânico na rota do ácido chiquímico (GEIGER e FUCHS, 2002). O acúmulo de ácido chiquímico em plantas pode ser usado para determinar se as plantas são resistentes ao herbicida glyphosate, quando o mecanismo de resistência for insensibilidade da EPSPs (CARVALHO et al., 2012) e, pelo efeito inibitório da fotossíntese nas plantas após a aplicação de glyphosate (DUKE et al., 2003).

A inibição da fotossíntese não é considerada o alvo primário de ação do glyphosate, mas pode ser afetada por este herbicida (YANNICCARI et al., 2012). Deste modo, o objetivo do trabalho foi determinar alterações no processo fotossintético após a aplicação do herbicida glyphosate em biótipos de *C. sumatrensis*, resistente e suscetíveis ao herbicida, coletados no Estado do Rio Grande do Sul.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa-de-vegetação, em Passo Fundo/RS. Na primeira etapa do trabalho foram selecionados biótipos de buva resistentes ao herbicida glyphosate com dose discriminatória de 720 g e.a. ha⁻¹. Os biótipos selecionados foram identificados como *Conyza sumatrensis* (Retz.) E. Walker (TELES et al., 2013) e denominados de biótipos 2, 17 e 20 (Lat: 28°00'20.40" N e Lon: 52°45'12.40" E; Lat: 28°07'28.00" N e Lon: 52°42'47.90" E e Lat: 28°18'06.51" N e Lon: 52°53'41.31" E, respectivamente), considerados de maior suscetibilidade ao glyphosate e biótipo 5 (Lat: 28°18'06.51" N e Lon: 52°53'41.31" E), resistente ao glyphosate.

A partir das sementes coletadas o experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com três repetições. Os tratamentos constaram de quatro biótipos de *C. sumatrensis* (2, 5, 17 e 20). Os biótipos foram semeados em vasos com capacidade para 500 mL e mantidas 3 plantas por vaso. O glyphosate (1.440 g e.a. ha⁻¹) foi aplicado com pulverizador costal pressurizado por CO₂, equipado com pontas do tipo leque Teejet XR 115.02, espaçadas em 0,5 m, volume de calda de 150 L ha⁻¹ e pressão de trabalho de 1,62 kgf cm⁻² em estágio de 3 - 4 folhas.

As variáveis avaliadas foram a taxa máxima de assimilação líquida de carbono ($A_{\text{máx}}$), transpiração (E) e eficiência do uso da água (EUA), realizadas utilizando analisador de

gases no infravermelho (IRGA) (Marca: LI-COR, Modelo LI-6400XT), equipado com câmara de luz (Marca: LI-COR, Modelo: LI-6400-2B) e sistema de injeção automática de CO₂. Durante as leituras foram estabelecidos: densidade de fluxo de fótons de 1500 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, injeção de CO₂ dentro da câmara de 400 $\mu\text{mol mol}^{-1}$, temperatura da folha em 20°C e fluxo de ar de 500 $\mu\text{mol s}^{-1}$. As variáveis foram avaliadas aos 0 (antes da aplicação do herbicida), 3, 7, 10 e 14 dias após o tratamento (DAT). Para calcular a eficiência do uso da água (EUA) foi realizada a razão das variáveis $A_{\text{máx}}/E$. As avaliações foram feitas entre as 15 e 18 horas, utilizando a folha com maior desenvolvimento de todas as três plantas de cada vaso.

Os dados obtidos foram verificados quanto à homogeneidade da variância e posteriormente submetidos à ANOVA ($p \leq 0,05$), utilizando o software "ASSISTAT 7.6 BETA" e as médias comparadas pelo teste de agrupamento de médias de Scott-Knott ($p < 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se que houve redução contínua da $A_{\text{máx}}$, em todos os biótipos tratados com glyphosate em comparação com 0 DAT. No entanto, os biótipos 5 e 20 apresentaram recuperação da $A_{\text{máx}}$ aos 14 DAT, sendo que o biótipo 5 apresentou a maior $A_{\text{máx}}$ nesta avaliação (Tabela 1). Embora o glyphosate tenha atuação específica na EPSPs, ele pode afetar diretamente a fotossíntese da planta, reduzindo a atividade da ribulose bifosfato carboxilase/oxigenase (Rubisco) e a síntese do ácido 3-fosfoglicérico, diminuindo a síntese de clorofila e interferindo na organização do aparelho fotossintético (AHSAN et al., 2008). A inibição da EPSPs desregula o fluxo de carbono na rota do chiquimato, com a consequente redução nos metabólitos que ocorrem na etapa fotoquímica da fotossíntese, e essa alteração no metabolismo de carbono nas folhas, inibe a fotossíntese (GEIGER et al., 1999).

A implicação prática da redução da taxa máxima de assimilação líquida de carbono ($A_{\text{máx}}$), do biótipo 5 (resistente ao glyphosate) em resposta ao tratamento com glyphosate, está na interferência da capacidade competitiva do biótipo com a cultura. Deste modo, em condições de campo, observa-se que após a aplicação do glyphosate os biótipos de buva resistentes evidenciam sinais de fitotoxicidade, e apresentam menor crescimento do que a espécie cultivada. Assim, a cultura terá maior desenvolvimento, sombreando o biótipo resistente e limitando o seu desenvolvimento pela falta de luz. Contudo, conforme observa-se na Tabela 1, entre os 10 e 14 DAT o efeito do glyphosate sobre $A_{\text{máx}}$ diminuiu e, assim, ao final do ciclo da cultura, quando esta perde as folhas, observa-se que a planta daninha retoma o crescimento normalmente, e completa o ciclo. Por isso, é indicada uma prática de manejo que controle o biótipo resistente ao final do ciclo da cultura, evitando a dispersão e o aumento do banco de semente do biótipo resistente.

Tabela 1. Taxa máxima de assimilação líquida de carbono ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e transpiração ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) de *C. sumatrensis* em função de dias após tratamento (DAT) com herbicida glyphosate ($1.440 \text{ g e.a. ha}^{-1}$), nos biótipos 2, 5, 17 e 20. Passo Fundo RS, 2012

DAT	Taxa máxima de Assimilação Líquida de Carbono				Transpiração			
	Biótipos				Biótipos			
	2	5	17	20	2	5	17	20
0	18,2 aA ¹	15,4 aB	17,1 aA	14,5 aB	6,9 aA	4,9 aB	4,8 aB	5,3 aB
3	7,8 bB	10,2 bA	7,1 bB	10,1 bA	4,5 bB	5,1 aA	4,1 aB	4,3 bB
7	1,7 cC	8,4 cA	2,0 eC	3,5 dB	0,2 cB	3,2 bA	0,3 bB	0,4 cB
10	2,4 cB	5,4 dA	5,4 cA	3,2 dB	0,6 cB	1,8 cA	1,4 bB	0,6 cB
14	2,3 cC	7,4 cA	3,6 dC	4,9 cB	0,8 cB	1,8 cA	0,9 bB	1,1 cB
Média	6,5	9,4	7,0	7,2	2,6	3,4	2,3	2,3
CV ² (%)	11,52				16,91			

¹ Médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$); ² Coeficiente de Variação Percentual.

Tabela 2. Eficiência do uso da água [$\mu\text{mol CO}_2 (\text{mmol H}_2\text{O})^{-1}$] de *C. sumatrensis* em função de dias após tratamento (DAT) com herbicida glyphosate ($1.440 \text{ g e.a. ha}^{-1}$), nos biótipos 2, 5, 17 e 20. Passo Fundo RS, 2012

DAT	Eficiência do uso da água			
	Biótipos			
	2	5	17	20
0	2,6 bA	3,2 aA	3,6 bA	2,7 cA
3	1,7 bA	2,0 aA	1,8 cA	2,4 cA
7	8,5 aA	2,6 aC	6,4 aB	8,6 aB
10	3,9 bA	3,0 aA	3,8 bA	5,1 bA
14	2,9 bA	4,1 aA	3,9 bA	4,6 bA
Média	3,9	3,0	3,9	4,7
CV ² (%)	24,87			

¹ Médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$); ² Coeficiente de Variação Percentual.

A aplicação do herbicida glyphosate diminuiu a transpiração em todos os biótipos avaliados (Tabela 1). Porém, o biótipo 5 evidenciou maior transpiração aos 3, 7, 10 e 14 DAT, provavelmente devido a maior $A_{\text{máx}}$. Quanto a EUA observou-se aumento aos 7 DAT nos biótipos 2, 17 e 20, considerados suscetíveis ao glyphosate (Tabela 2). O aumento da EUA nos biótipos suscetíveis pode ser explicado pelo fechamento dos estômatos e conseqüente redução da transpiração. Contudo, para o biótipo 5 não ocorreu influência do glyphosate na EUA. Segundo Reddy et al (2004), os efeitos secundários do glyphosate

como a produção de metabólitos (AMPA) podem contribuir na ação do herbicida, gerando efeitos fitotóxicos que afetam a fotossíntese, a transpiração e a EUA (ZOBIOLE et al., 2010).

CONCLUSÕES

O glyphosate inibe a taxa de assimilação líquida de carbono e causa interferência na eficiência do uso da água dos biótipos suscetíveis. No biótipo resistente inibe parcialmente a taxa de máxima de assimilação líquida de carbono e não causa interferência no uso eficiente da água.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHSAN, N. et al. Glyphosate-induced oxidative stress in rice leaves revealed by proteomic approach. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.46, n.12, p.1062-1070, 2008.
- CARVALHO, L. B. et al. Pool of resistance mechanisms to glyphosate in *Digitaria insularis*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.60, n. 2, p.615-622, 2012.
- DUKE, S. O. et al. **Glyphosate**. New York: Wiley. 2003. 120p.
- GEIGER, D. R.; FUCHS, M. A. Inhibitors of aromatic amino acid biosynthesis (glyphosate). In: BÖGER, P.; WAKABAYASHI, K.; HIRAI, K. (Eds.) **Herbicide classes in development**. Berlin: Springer-Verlag, 2002. p.59-85.
- GEIGER, D. R. et al. Causes of self-limited translocation of glyphosate in *Beta vulgaris* plants. **Pesticide Biochemical and Physiology**, v.64, n. 2, p.124-133, 1999.
- LAMEGO, F. P.; VIDAL, R. A. Resistência ao glyphosate em biótipos de *C. bonariensis* e *C. canadensis* no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. **Planta Daninha**, v. 26, n. 2, p. 467-471, 2008.
- POWLES, S. B.; PRESTON, C. Evolved glyphosate resistance in plants: biochemical and genetic basis of resistance. **Weed Technology**, v.20, n.3, p 282-289, 2006.
- REDDY, K. N. et al. Aminomethylphosphonic acid, a metabolite of glyphosate, causes injury in glyphosate-treated, glyphosate-resistant soybean. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.52, n.16, p.5139-5143, 2004.
- SANTOS, G. **Resistência múltipla ao glyphosate e ao chlorimuron-ethyl em biótipos de *Conyza sumatrensis***. 2012. 87 f. Dissertação (Mestrado em Produção de Plantas) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2012.
- TELES, A. M. et al. 2013. *Conyza* In: **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. (<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB5288>).
- YANNICCARI, M. et al. Glyphosate effects on gas exchange and chlorophyll fluorescence responses of two *Lolium perenne* L. biotypes with differential herbicide sensitivity. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 57, n.s/n, p. 210-217, 2012.
- ZOBIOLE, L. H. S. et al. Nutrient accumulation and photosynthesis in glyphosate-resistant soybeans is reduced under glyphosate use. **Journal of Plant Nutrition**, v.33, n. s/n, p.1860-1873, 2010.