



MERCOSOJA 2009

ABSORÇÃO DE GLIFOSATE POR SOJA NÃO TRANSGÊNICA A PARTIR DE EXSUDATOS DE RAIZ DE SOJA RR CULTIVADAS EM SISTEMA HIDROPÔNICO.*

GLYPHOSATE ABSORPTION BY NON-TRANSGENIC SOYBEAN THROUGH ROOT EXSUDATES FROM TRANSGENIC SOYBEAN IN HIDROPONIC SYSTEM.

MATALLO, M.B.¹; FRANCO, D.A.S.¹; ALMEIDA, S.D.B.¹; MOURA, M.A.M.¹; CERDEIRA, A.L.²; QUEIROZ, S.N.²; MORAES, R.³; DUKE, S.O.⁴; da SILVA, D.F.P.¹

¹Instituto Biológico, CEP 13092-543, Campinas, SP; ²Embrapa Meio Ambiente, Caixa Postal 69, 13820-000, Jaguariúna, SP; ³National Center for Natural Products Research, The University of Mississippi, University, MS, 38655, USA. ⁴ United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Natural Products Utilization Research Unit, P. O. Box 8048, University, MS 38677, USA. E-mail: matallo@biologico.sp.gov.br

RESUMO

O ácido chiquímico é um indicador da intoxicação das plantas por glifosate. Apesar de inativado no solo, há indícios de que esse herbicida pode ser liberado pelas raízes das plantas tratadas sendo, posteriormente, absorvido por outras plantas. O objetivo desse trabalho foi verificar a exsudação do glifosate a partir de plantas de soja RR e sua posterior absorção por soja convencional, ambas cultivadas em sistema hidropônico. Os resultados mostraram que houve exsudação do glifosate e de seu metabolito ácido aminometilfosfônico (AMPA) pela soja RR na solução nutritiva e posterior absorção do herbicida, indicada pelo acúmulo do ácido chiquímico nas plantas de soja convencional. Comprova-se a exsudação e posterior absorção do glifosate, entretanto, relacionar estes fatos com os efeitos negativos sobre o crescimento e o aumento da suscetibilidade das plantas às doenças é prematuro, principalmente devido à forte adsorção do produto. Há necessidade de estudos posteriores que relacionem fatores climáticos, balanço de massas além de microorganismos endofíticos e micorrizas.

Palavras chave: ácido chiquímico; rizosfera; CLAE

INTRODUÇÃO

Com o advento das culturas geneticamente modificadas (RR), o herbicida glifosate assumiu o papel do principal defensivo agrícola comercializado mundialmente. Seu modo de ação, bastante peculiar, envolve a inibição da enzima 5-enolpyruvylshikimate-3-phosphate synthase (EPSPS), levando a um acúmulo do ácido chiquímico o qual pode ser rapidamente detectado por métodos cromatográficos, sendo, dessa forma, um indicador da intoxicação das plantas por esse herbicida.

Apesar do glifosate ser rapidamente inativado no solo devido às suas propriedades físico-químicas que favorecem sobremaneira sua adsorção pelos colóides do mesmo, existe uma preocupação crescente quanto às conseqüências do seu uso generalizado e de forma inadequada. Uma dessas preocupações diz respeito à exsudação radicular desse composto e sua subsequente absorção por outras plantas, com conseqüências diretas e indiretas sobre o crescimento vegetal e a microbiota do solo. Os resultados mostrados pela pesquisa são contrastantes. Tuffi Santos *et. al.* (2005) concluíram não haver sintomas fitotóxicos em plantas de eucalipto, cultivadas tanto no solo como em solução hidropônica, a partir de exsudatos radiculares de plantas de *Brachiaria decumbens* tratadas com glifosate. Por sua vez, Neumann *et. al.* (2006) verificaram que o glifosate foi exsudado pelas raízes de soja não transgênica, sendo posteriormente absorvido por plantas de girassol, em sistemas hidropônicos, com efeito inibitório na via do ácido chiquímico. Verificaram também acúmulo intracelular do ácido chiquímico nas raízes de plantas de citrus que cresceram concomitantes a plantas de *B. brizantha* tratadas com glifosate em solo arenoso.

Baseado nesses fatos, esse trabalho teve como objetivo verificar, através do acúmulo do ácido chiquímico, a absorção de glifosate por plantas de soja convencional a partir de exsudato de raiz de plantas de soja transgênica tratadas com esse herbicida, determinando também sua presença e do AMPA em solução hidropônica.

MATERIAL & MÉTODOS

Plântulas de soja, cv. Conquista (não transgênica) e M8045 RR foram cultivadas em casa de vegetação conjuntamente por 30 dias, em caixas de plástico com capacidade para 15 L marca Ezelone, próprias para cultivo com solução hidropônica. Ao atingirem o estágio V2, as plântulas de soja RR foram pulverizadas com o produto Roundup Ready na dose de 5,0 L/ha; no momento da aplicação as plantas de soja cv. Conquista foram retiradas da caixa, tomando-se o cuidado de tampar os orifícios para evitar a contaminação da solução nutritiva, retornando posteriormente e convivendo durante todo o período do experimento com as plantas RR tratadas com glifosate. Foram coletadas três plantas de cada variedade imediatamente antes da aplicação de glifosate e em 01, 03, 07 e 10 dias após o tratamento (DAT), determinou-se por cromatografia líquida de alta eficiência a concentração de ácido chiquímico das plantas de acordo com o método descrito por Matallo *et. al.* (2007).

O teor de ácido chiquímico endógeno foi monitorado em ambas as variedades nos mesmos períodos de coleta, em plantas também cultivadas hidroponicamente do mesmo modo que aquelas tratadas com glifosate, porém sem a aplicação do produto (testemunha). Em ambos os casos, o volume da solução hidropônica foi repostado diariamente ao nível inicial. Após a coleta de 10 DAT foi determinada a concentração de glifosate e seu metabolito, o ácido aminometilfosfônico (AMPA), em duas sub-amostras da solução hidropônica, segundo método descrito por Abreu *et. al.* (2008). O ensaio foi realizado sob o delineamento inteiramente casualizado com três repetições.

RESULTADOS & DISCUSSÃO

Os dados da Tabela 1 mostram um substancial aumento no teor do ácido chiquímico das plantas de soja cv. Conquista aos três DAT quando comparado com o teor desse composto detectado nas plantas testemunha da soja convencional. Apesar da queda generalizada observada nas épocas seguintes, os teores de ácido chiquímico foram, geralmente, mais elevados do que nas plantas testemunha da mesma variedade, sensível ao herbicida glifosate. Embora muito inferior àquele observado nas plantas de soja convencional, as plantas de soja geneticamente modificadas apresentam um pico no teor do ácido chiquímico logo em 01 DAT, retornando imediatamente aos níveis encontrados nas plantas testemunha dessa variedade nas épocas seguintes.

Tabela 1: Teores de ácido chiquímico ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$) em diferentes épocas de coleta após a aplicação de glifosate nas plantas de soja.

Trat. ¹	0 DAT		01 DAT		03 DAT		07 DAT		10 DAT ⁵	
	Conv ³	RR ⁴	Conv ³	RR ⁴						
Glifosate	0,118	0,089	0,146	2,622	9,908	0,155	7,485	0,086	5,907	0,219
Check ²	0,091	0,104	0,087	0,062	0,112	0,208	1,879	0,122	1,559	0,247

¹Tratamentos. ²Testemunha. ³Soja convencional cv. Conquista. ⁴Soja transgênica cv. M8045 RR. ⁵Dias após o tratamento.

Os resultados analíticos mostraram uma concentração de glifosate e AMPA respectivamente iguais a 1,11 e 0,032 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ e 1,06 e 0,032 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ na solução hidropônica da caixa tratada com o glifosate. O tempo de retenção do glifosate derivado foi de 5,657 min, sendo que a gaussiana apresentou boa resolução. O íon escolhido para o monitoramento do glifosate foi 511 m/z (íon molecular do glifosate derivado).

Esses resultados mostraram que as plantas de soja RR exsudaram tanto o glifosate como o AMPA, sendo o herbicida, posteriormente, absorvido via radicular pelas plantas de soja convencional, conforme indicado pelo acúmulo do ácido chiquímico, tendência também observada por Neumann *et. al.* (*op. cit.*). Isso também pode ter ocorrido nas plantas de soja RR, porém a rápida queda nos teores desse ácido a níveis praticamente iguais àqueles observados nas plantas testemunha dessa variedade indica uma pronta metabolização do composto ao seu metabolito AMPA, também detectado na solução hidropônica, a níveis aparentemente insuficientes para ocasionar danos à soja RR. Pouco se sabe a respeito da

degradação do glifosato à AMPA nas plantas. Hoagland (1980) citado por Duke *et. al.*, (2003) afirma ser esse composto medianamente tóxico à soja, com modo de ação aparentemente diferente do glifosato, porém menos fitotóxico do que a molécula original (Franco *et. al.*, 2008).

Apesar de não terem observado alterações morfoanatômicas nem sintomas visuais de toxidez em plantas de eucalipto cultivadas hidroponicamente juntamente com plantas de *B. decumbens* tratadas com glifosato, Tuffi Santos *et. al.* (*op. cit.*) não descartam a possibilidade da exsudação deste herbicida pelas raízes de *B. decumbens* levantando a hipótese de que a concentração liberada seria de pequena magnitude, incapaz de causar toxicidade às plantas de eucalipto ou que aquela planta seja incapaz de exsudar o glifosato.

A exsudação do glifosato e do AMPA e a posterior absorção do herbicida é um fato comprovado. Se isso explica, ou não, as observações de campo que relacionam o uso desse produto por longos períodos com os efeitos negativos sobre o crescimento das plantas e o aumento da suscetibilidade a doenças ainda não se pode afirmar, principalmente considerando-se a rápida e irreversível adsorção do glifosato pelos colóides do solo (Prata, 2002). Há necessidade de estudos posteriores envolvendo a influência de fatores climáticos, da própria solução nutritiva no processo, do balanço de massas entre o que é aplicado e o exsudado além do efeito sobre micorrizas e microorganismos endofíticos.

REFERÊNCIAS

ABREU, A.B.G.; da MATTA, M.H.R.; MONTAGNER, E. Desenvolvimento e validação de método de análise de glifosato em grãos de soja. *Quim. Nova*, v. 31, n. 1, 5-9, 2008.

DUKE, S.O.; RIMANDO, A.M.; PACE, P.F.; REDDY, K.N.; SMEDA, R.J. Isoflavone, glyphosate, and aminomethylphosphonic acid levels in seed of glyphosate-treated, glyphosate-resistant soybean. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. v. 51, n. 1, p. 340-344, 2003.

FRANCO, D.A.S.; MATALLO, M.B.; CERDEIRA, L.A.; de ALMEIDA, S.D.B.; da SILVA, D.A.; SANTOS Jr., P.C.A. Níveis de ácido chiquímico em folhas e raízes de plântulas de soja tratadas com glifosato e ácido aminometilfosfônico. In: CONGRESSO BRASILEIRO da CIÊNCIA das PLANTAS DANINHAS, 26. Ouro Preto. Resumos, 2008.

MATALLO, M.B.; FRANCO, D.A.S.; de ALMEIDA, S.D.B.; CERDEIRA, A.L.; LACERDA, A.L.S. Monitoramento do ácido chiquímico em plantas de citrus sob diferentes sistemas de manejo de plantas daninhas. In: I SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GLYPHOSATE. Botucatu, SP. Resumos, p.61-64, 2007.

NEUMANN, G.; KHOLS, S.; LANDSBERG, E.; STOCK-OLIVEIRA, K.; YAMADA, T.; RÖMHELD, V. Relevance of glyphosate transfer to non-target plants via the rhizosphere. *Journal of Plant Diseases and Protection*. Special Issue, 963-969. 2006.

PRATA, F. Comportamento do glifosato no solo e deslocamento miscível de atrazine. Tese de doutorado. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002, 149 p.

TUFFI SANTOS, L.D., FERREIRA, F.A., BARROS, N.F., SIQUEIRA, C.H., SANTOS, I.C. & MACHADO, A.F.L. 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

* trabalho desenvolvido com recursos da Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP). Processo 2007/00899-2