



USO DO GLYPHOSATE NO CONTROLE DA FERRUGEM DA SOJA E SUA INTERAÇÃO COM O ÁCIDO CHIQUÍMICO

FRANCO, D.A.S. (Instituto Biológico, Campinas, SP - franco@biologico.sp.gov.br),
MATALLO, M.B. (Instituto Biológico, Campinas, SP - matallo@biologico.sp.gov.br),
ALMEIDA, S.D.B. (Instituto Biológico, Campinas, SP - almeida.sdb@biologico.sp.gov.br)
CERDEIRA, A.L. (CNPMA-Embrapa, Jaguariúna, SP - cerdeira@cnpma.embrapa.br);
DUKE, S. (USDA, Mississippi, EUA - duke@olemiss.com)

Resumo: Estudos preliminares tem constatado o efeito do glyphosate no desenvolvimento do fungo *Phakopsora pachyrhizi* entretanto, mais pesquisas são necessárias para se confirmar esse efeito, sua interação com o fungo bem como a fisiologia da infecção. O objetivo do trabalho foi verificar se a interação de glyphosate e *P. pachyrhizi* poderia induzir a formação de ácido chiquímico na soja RR. Plantas inoculadas e não inoculadas foram tratadas com glyphosate aos 3, 6, 9 e 12 dias após inoculação determinando-se o ácido chiquímico 3 dias após aplicação do herbicida por cromatografia líquida. O ensaio foi conduzido no delineamento inteiramente casualizado com 3 repetições com as médias comparadas a 5% pelo teste de Tukey. Apesar de ter sido observado um aumento nas concentrações de ácido chiquímico em todos os tratamentos aplicados 12 dias após a inoculação (ou não) do fungo *P. pachyrhizi*, esse aumento não é consequência do efeito do glyphosate sobre as plantas nem da ação elicitora do fungo ou da interação entre ambos.

Palavras chave: HPLC; *Phakopsora pachyrhizi*; herbicida

INTRODUÇÃO

O efeito dos herbicidas nas doenças das plantas é um importante, porém, subestimado aspecto no manejo integrado de pragas e doenças. O conhecimento das interações entre o herbicida e as doenças é um fator crítico quando se implementa um programa efetivo e eficiente de manejo de doenças (DUKE *et. al.*, 2007).

Indiretamente, através de seu pronunciado efeito sobre as plantas, os herbicidas podem influenciar muitos dos processos metabólicos, com reflexos na suscetibilidade às doenças, e muitas vezes esses xenobióticos podem ter efeito inibitório direto sobre os patógenos (YANDOC *et. al.*, 2006).

A ferrugem da soja, causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi* Syd. & P. Syd. é uma doença que causa sérias perdas na cultura e tornou-se um problema relevante na agricultura brasileira a partir de 1995 em razão das reduções de produtividade e dos gastos com medidas de controle principalmente após a introdução da soja transgênica resistente ao herbicida glyphosate (SOARES *et. al.*, 2008).

O glyphosate é um herbicida de amplo espectro que inibe a de forma competitiva a enzima 5-enol-piruvil chiquimato 3 – fosfato sintase (EPSPS), enzima-chave na síntese de aminoácidos aromáticos que, na soja geneticamente modificada (soja RR) torna-se insensível ao glyphosate (VELINI *et. al.*, 2009).

Estudos desenvolvidos por FENG *et. al.*, (2005) mostram a atividade de glyphosate sobre dois tipos de ferrugem do trigo e, também, sobre *P. pachyrhizi*. Apesar disso, os resultados ainda são inconclusivos, necessitando de maiores informações tanto do ponto de vista do manejo do herbicida como dos aspectos fisiológicos de sua interação com a planta e o fungo.

Assim o objetivo do trabalho foi verificar se a interação entre glyphosate e *P. pachyrhizi* poderia induzir a formação de ácido chiquímico na soja RR.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em casa de vegetação do Laboratório das Ciências das Plantas Daninhas do Instituto Biológico situado em Campinas, São Paulo. Três sementes de soja geneticamente modificada cv. 8045 RR foram plantadas em vasos com capacidade para 500 mL preenchidos com solo; 14 dias após a semeadura, ao atingirem o estágio V1, foi feito o desbaste deixando-se uma planta em cada vaso. Ao atingirem o estágio V2, as plantas de soja foram inoculadas a partir de uma suspensão com 8×10^7 mL⁻¹ de esporos de *P. pachyrhizi* e mantidas em câmara úmida no escuro por 48 horas. Nessas condições, a porcentagem de germinação 24 horas após foi de 95%. Os tratamentos foram constituídos por plantas inoculadas com *P. pachyrhizi* e tratadas com o herbicida glyphosate (produto comercial Roundup Ready®) nas doses de 750, 1500 e 1125 gramas de equivalente ácido. ha⁻¹ (D1, D2 e D3, respectivamente) aos 3, 6, 9 e 12 dias após a inoculação (DAI), além de um tratamento sem aplicação do herbicida, porém inoculado nessas mesmas épocas (D5) e uma testemunha absoluta (D6). O teor de ácido chiquímico foi determinado 3 dias após de acordo com o método descrito por MATALLO *et. al.*, (2009). O ensaio foi conduzido sob o delineamento em blocos inteiramente casualizados com 3 repetições. Os tratamentos foram submetidos à análise da variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey, ambos ao nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A avaliação dos sintomas da doença realizada aos 13 e 24 DAÍ, na testemunha (I), apresentou incidência de 100% e severidade de 40 e 60%, respectivamente.

Um aumento de 30% na concentração de ácido chiquímico foi observado 3 dias após a aplicação do glyphosate a 0,75 g.ha⁻¹ nas plantas inoculadas com *P. pachyrhizi*. Não foram observadas diferenças nos níveis de ácido chiquímico entre os tratamentos aos 6 dias após a aplicação do glyphosate (Tabela 1), o que pode indicar sua metabolização pelas plantas. O bloqueio da enzima EPSPS é o mecanismo pelo qual o glyphosate age nas plantas, logo, quanto menor seu efeito sobre as plantas, menor será o acúmulo de ácido chiquímico e vice versa (MUELLER, 2003). Entretanto, não é de se esperar o acúmulo de ácido chiquímico em populações tolerantes à esse herbicida.

Tabela 1: Concentração de ácido chiquímico ($\mu\text{g.g}^{-1}$) nas folhas de soja RR inoculadas e não inoculadas com o fungo *P. pachyrhizi* e tratadas ou não com glyphosate.

Tratamentos	Dias após inoculação			
	3	6	9	12
Inoculado + glyphosate (D1)	104,7783 a	72,2897 a	65,6497 ab	71,1227 a
Inoculado + glyphosate (D2)	71,8294 b	66,7617 a	57,0126 b	104,9292 b
Não inoc. + Glyphosate (D3)	68,5000 b	62,3508 a	64,9765 ab	82,3320 ab
Inoculado sem glyphosate (D4)	84,4989 ab	67,8370 a	88,8704 b	63,8960 a
Não inoculado sem glyphosate (D5)	80,4268 ab	88,7287 a	64,3527 ab	58,0000 a

médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Exceto aos 3 dias após a aplicação de glyphosate na menor dose nas plantas inoculadas, nenhum tratamento alterou significativamente os níveis de ácido chiquímico nas plantas até os 9 dias após inoculação, com aumentos relativos à testemunha não inoculada sem aplicação do herbicida bem similares àqueles

encontrados por BUEHRING et. al. (2007) quando aplicou sub doses de glyphosate em milho.

O maior acúmulo de ácido chiquímico (81% em relação ao controle não inoculado sem aplicação de glyphosate) foi observado 12 dias após a aplicação do herbicida a 1,5 g.ha⁻¹ nas plantas de soja inoculadas com o fungo (D2). Nessa mesma época, o nível de ácido chiquímico elevou-se em todos os demais tratamentos variando de 58 a 104,9292 µg.g⁻¹ (Tabela 1). Apesar BUEHRING et. al. (2007) afirmarem que a elicitação por fungos pode induzir o aumento do fluxo de carbono para a via do ácido chiquímico, outros fatores bióticos e abióticos como idade e parte da planta amostrada, a época da coleta e a intensidade luminosa podem influenciar os níveis endógenos de ácido chiquímico nas plantas. Estudando a proporcionalidade entre o ácido chiquímico e doses de glyphosate, BUEHRING et. al. (2007) verificaram no milho um incremento no acúmulo do ácido chiquímico variando até 489% em relação à testemunha não tratada com sub doses desse produto. Níveis endógenos de ácido chiquímico próximos a 100 µg.g⁻¹ são reportados por MATALLO et. al. (2009) em soja convencional, bastante próximos ao aqui encontrados, portanto essa variabilidade na concentração do ácido chiquímico, provavelmente deveu-se a outros fatores, não caracterizando um acúmulo elicitado pelo fungo *P. pachyrhizi*.

CONCLUSÕES

Apesar de ter sido observado um aumento nas concentrações de ácido chiquímico em todos os tratamentos aplicados 12 dias após a inoculação (ou não) do fungo *P. pachyrhizi*, esse aumento não é consequência do efeito do glyphosate sobre as plantas nem da ação elicitora do fungo ou da interação entre ambos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BUEHRING, N.W.; MASSEY, J.H.; REYNOLDS, D.B. Shikimic Acid Accumulation in Field-Grown Corn (*Zea mays*) Following Simulated Glyphosate Drift. *J. Agric. Food Chem.*, 55:819-24.2007.

DUKE, S.O.; WEDGE, D.E.; CERDEIRA, A.L.; MATALLO, M.B. Interactions os synthetic herbicides with plant disease and microbial herbicides. In: M. Vurro & J. Gressel (eds.), *Novel Biotechnologies for Biocontrol Agent Enhancement and Management*, 277 – 296, 2007, Springer.

FENG, P.C.C.; BAILEY, G.J.; CLINTON, W.P.; BUNKERS, G.J.; ALIBHAI, M.F.; PAULITZ, T.C.; KIDWELL, K. K.. Glyphosate inhibits rust disease in glyphosate resistant wheat and soybean. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v.102, p. 17290-17295, 2005.

MATALLO, M.B.; ALMEIDA, S.D.B.; CERDEIRA, A.L.; FRANCO, D.A.S.; BLANCO, F.M.G.; MENEZES, P.M.T.; LUCHINI, L.C.; MOURA, M.A.M.; DUKE, S.O. Microwave-Assisted Solvent Extraction and Analysis os Shikimic Acid from Plant Tissues. *Planta Daninha*, v.27, p. 987-994, 2009, Número Especial.

MULLER, T.C.; MASSEY, J.H.; HAYES, R.M.; MAIN, C.L.; STEWART JR., N. Shikimate Accumulates in Both Glyphosate-Sensitive and Glyphosate-Resistant Horseweed (*Conyza canadensis* L. Cronq.). *J. Agric. Food Chem.* 51, 680-684, 2003.

SOARES, R.M.; GAZZIERO, D.L.P.; MORITA, D.A.S.; CILIATO, M. L.; FLAUSINO, A.M.; SANTOS, L.C.M.; JANEGITZ, T. Utilização de glyphosate para o controle de ferrugem da soja. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, v.43, p.473-477, 2008.

VELINI, E.D.; DUKE, S.O.; TRINDADE, M.L.B.; MESCHEDA, D.K.; CARBONARI, C. A. Modo de ação do glyphosate. In: Edivaldo Domingues Velini, Dana Katia Meschede, *XXVIII CBCPD, 3 a 6 de setembro de 2012, Campo Grande, MS / Área 6 - Manejo integrado de plantas daninhas em culturas oleaginosas*

Caio Antonio Carbonari & Maria Lucia Bueno Trindade (eds.), Glyphosate, 113-134. 2009, FEPAF, Botucatu.

YANDOC, C.B.; ROSSKOPF, E.N.; PITELLI, R. L. C. M.; CHARUDATTAN R. Effects of selected pesticides on conidial germination and mycelial growth of *Dactylaria higginsii*, a potential bioherbicide for purple nutsedge (*Cyperus rotundus*). Weede Technol. 20, 255-260 (2006).