

Efeito do glyphosate na severidade da ferrugem (*Puccinia psidii*) do eucalipto

Leonardo David Tuffi Santos¹; Francisco Affonso Ferreira; Acelino Couto Alfnas; Rodrigo Neves Graça. ¹Universidade Federal de Viçosa, Campus Universitário, Viçosa – MG. CEP: 36570-000.

O setor florestal vem procurando aperfeiçoar as práticas de aplicação de herbicidas, como forma de reduzir despesas e diminuir os impactos negativos advindos do contato indesejado de produtos não seletivos para o eucalipto. Na eucaliptocultura o uso do glyphosate tem sido relacionado não só aos efeitos diretos sobre as plantas, como também ao aumento da severidade de doenças, a distúrbios nutricionais das plantas e a efeitos negativos sobre a microbiota do solo.

O glyphosate é um produto sistêmico e não seletivo devendo ser usado em aplicações dirigidas evitando-se atingir as plantas de eucalipto. Apesar da baixa volatilidade do glyphosate e de sua característica de produto sistêmico, que permite o uso de pontas de pulverização que produzam gotas grossas, é comum ocorrer o contato indesejado desse herbicida com a cultura. Dentre as formas de contato do glyphosate com plantas de eucalipto podem-se citar: 1- aplicação da calda com herbicida diretamente sobre os ramos; 2- contato com gotas arrastadas pelo vento (deriva); 3- contato com plantas daninhas recém tratadas; e 4- exsudação radicular do glyphosate por plantas daninhas tratadas e subsequente absorção do produto pelas raízes do eucalipto.

Atualmente, tem-se levantado à hipótese de que a deriva de glyphosate seja a responsável pelo o aumento da incidência e severidade da ferrugem do eucalipto. Essa hipótese é embasada por estudos que avaliam os efeitos do glyphosate em plantas, uma vez que seu mecanismo de ação interfere na rota do ácido chiquímico, principal precursor de substâncias envolvidas na defesa de plantas à patógenos, destacando-se: taninos, antocianinas, ácido salicílico, lignina, flavonas, isoflavonas e cumarinas (Buchanan et al., 2000). Assim o herbicida pode estar favorecendo a infecção do eucalipto por patógenos, devido à queda das defesas da planta pelo comprometimento ou interrupção da síntese de lignina, fitoalexinas (Lévesque e Rahe, 1992; Rizzardi et al., 2003) e de outros compostos.

A ferrugem causada por *Puccinia psidii* Winter é atualmente uma das principais doenças do eucalipto no Brasil, causando prejuízos em viveiro e no campo. Seu controle baseia-se principalmente no uso de espécies, clones e progênies resistentes. O uso de alguns fungicidas e o plantio em épocas desfavoráveis ao patógeno também são práticas

utilizadas para o controle da doença (Alfenas et al., 2004). A herança da resistência a *P. psidii* em *Eucalyptus grandis* é condicionada por um gene de efeito principal, denominado *Ppr-1*, cujo conhecimento possibilitou a identificação e seleção de genótipos homozigóticos e heterozigóticos para resistência, bem como de genótipos suscetíveis (Junghans et al., 2003).

Os efeitos da deriva do glyphosate sobre a severidade da ferrugem em clones de eucalipto resistentes e suscetíveis a doença foram avaliados por Tuffi Santos et al. (2007). Não foram observadas pústulas nos clones resistentes à ferrugem, *UFV01* e *UFV02*, independentemente da aplicação ou não de glyphosate e da época de realização do ensaio (Tabela 1). Esses resultados indicam que a deriva de glyphosate não modificou a resistência à ferrugem dos clones resistentes testados (*UFV01* e *UFV02*). Entre os clones *UFV03* e *UFV04*, suscetíveis à ferrugem, foram atribuídas notas S2 e S3 de severidade tanto para plantas expostas ao glyphosate quanto para a testemunha sem herbicida (Tabela 1). As avaliações de severidade da doença foram realizadas seguindo a escala de notas proposta por Junghans et al. (2003). Nos dois ensaios realizados – verão e outono/inverno - observou-se diminuição da severidade da doença nos dois clones suscetíveis com o aumento das subdoses de glyphosate. Plantas expostas à deriva do glyphosate apresentaram menor área foliar afetada por ferrugem, menor número de urediniósporos/pústula e menor número de urediniósporos/área foliar, em comparação com as plantas testemunhas.

Acredita-se também que o herbicida na superfície epidérmica da folha do eucalipto pode influenciar os processos de infecção e sobrevivência dos esporos de *P. psidii*. Berner et al. (1991) observaram que aplicações de glyphosate, em formulações com ou sem surfatante, inibiram o crescimento micelial de *Calonectria crotalariae*. A presença de diferentes substâncias químicas na formulação do herbicida, como solventes, surfatantes e agentes molhantes, podem modificar e, provavelmente, potencializar os efeitos negativos dos herbicidas em microrganismos (Malkones, 2000).

Resultados de pesquisas mais recentes (Tuffi Santos et al., dados não publicados) demonstram que existe efeito negativo do glyphosate sobre *P. psidii* em tecidos não tratados diretamente com o herbicida e inoculados com o patógeno, indicando o efeito sistêmico deste produto. A germinação e formação de apresório de urediniósporos de *P. psidii* avaliados em folhas de eucalipto submetidas à aplicação direta de glyphosate no limbo foliar ou na base do pecíolo, em algodão embebido pela calda herbicida, é menor que a testemunha, que não recebeu aplicação do herbicida. A redução da germinação dos urediniósporos quando da aplicação de 691,2 g ha⁻¹ de glyphosate no limbo foliar ou

na base da folha alcança, respectivamente, 50 e 52%. Na maior dose a redução na formação de apresório foi de, aproximadamente, 42% independentemente do local de aplicação do herbicida. Isso sugere que o efeito inibitório do glyphosate sobre *P. psidii* ocorre nas fases iniciais de desenvolvimento de *P. psidii*, seja a forma de contato do herbicida com o patógeno direta ou indireta (via translocação nos tecidos foliares do eucalipto).

Tabela 1- Severidade da ferrugem (*Puccinia psidii*), avaliada por escala diagramática com quatro classes de severidade (S0, S1, S2 e S3) proposta por Junghnas et al. (2003), em clones de híbridos de *E. grandis* submetidos à deriva de glyphosate

Clone	g ha ⁻¹ de glyphosate ¹				
	0	28,8	57,6	86,4	115,2
	Ensaio realizado no verão				
<i>UFV01</i>	S0	S0	S0	S0	S0
<i>UFV02</i>	S0	S0	S0	S0	S0
<i>UFV03</i>	S3	S3	S3	S3	S3
<i>UFV04</i>	S3	S3	S3	S2	S2
	Ensaio realizado no outono/inverno				
<i>UFV01</i>	S0	S0	S0	S0	S0
<i>UFV02</i>	S0	S0	S0	S0	S0
<i>UFV03</i>	S3	S3	S3	S3	S0*
<i>UFV04</i>	S3	S2	S1	S1	S0

¹ Subdoses correspondentes a 0 (testemunha), 2, 4, 6 e 8% da dose de 1440 g ha⁻¹ de glyphosate, respectivamente. * 100% das plantas apresentaram morte dos ponteiros. S0 e S1 são resistentes à ferrugem e S2 e S3 são suscetíveis. Extraído de Tuffi Santos et al. (2007).

O caráter biotrófico de *Puccinia psidii* somado à característica desse patógeno de infectar e se desenvolver bem em tecidos jovens e sadios possivelmente explica a menor severidade da doença em plantas expostas à deriva, haja visto os distúrbios fisiológicos, anatômicos e estruturais verificados em plantas intoxicadas por glyphosate. O glyphosate atua na rota do ácido chiquímico sobre a atividade enzimática da 5-enol-piruvil shiquimato-3-fosfato sintase (EPSPS), inibindo a síntese dos aminoácidos aromáticos triptofano, tirosina e fenilalanina em plantas. Conseqüentemente, plantas tratadas com glyphosate apresentem deficiência na síntese protéica e de vários outros compostos aromáticos importantes, como vitaminas (K e E), hormônios (auxina e etileno), alcalóides, lignina, antocianina e outras substâncias ligadas a defesa dos vegetais. Entretanto, é válido ressaltar que essa rota metabólica também está presente em fungos e bactérias, indicando que efeitos negativos do glyphosate sobre estes microrganismos sejam esperados, no caso do contato com este herbicida.

Deficiências e desequilíbrios nutricionais, mudanças morfoanatômicas e bioquímicas na planta podem predispor certos materiais genéticos a maior severidade de doenças. Os efeitos fisiológicos do glyphosate em eucalipto podem causar distúrbios bioquímicos e, conseqüentemente, o desbalanço entre os compostos orgânicos e inorgânicos da planta. Teores foliares de Ca, Mg, Fe, Mn e B superiores, em comparação com a testemunha sem herbicida, foram observados em plantas que receberam doses de 345,6 e 691,2 g ha⁻¹ de glyphosate, em deriva simulada, não havendo relação entre os sintomas provocados pelo glyphosate com a deficiência de nutrientes (Siqueira et al., 2004). Em eucalipto plantas tratadas por meio de fertirrigação com N, K e Cu, e por meio de aspersão com silicato de potássio e ácido salicílico não diferiram da testemunha, apesar da tendência de plantas que não receberam N apresentarem menor número de urediniósporos de *P. psidii* por unidade de área (Silva et al., 2006).

Efeitos preventivos e curativos do glyphosate na incidência de ferrugem do trigo e de soja resistente ao herbicida foram observados em condições controladas e no campo (Feng et al. 2005). Folhas de trigo pré-inoculadas com *Puccinia triticina* e protegidas do contato com o glyphosate pulverizado no restante da planta apresentaram menor incidência de ferrugem que nas plantas testemunha (sem glyphosate), ressaltando o efeito sistêmico do herbicida na diminuição da severidade desta doença.

A aplicação de glyphosate em plantas de trigo reduziu a infecção por *P. triticina* e por *P. graminis* em genótipos de trigo resistentes a esse produto (Anderson e Kolmer, 2005). Entretanto não foi observado efeito curativo do herbicida na ferrugem do trigo, uma vez que sua aplicação não afetou o desenvolvimento de pústulas de *Puccinia* sp. pré-estabelecidas, sugerindo o efeito inibitório do herbicida ocorra nos estádios iniciais de infecção. A germinação de aeciósporos de *Puccinia lagenophora*, usado no biocontrole de *Senecio vulgaris*, é significativamente menor quando da adição de 0,1125 e 0,0565 mg ml⁻¹ de glyphosate no meio de cultura, quando comparado à adição de água (Wyss e Muller-Scharer, 2001).

Considerações Finais

Nas pesquisas até aqui realizadas pode-se concluir que o glyphosate não altera a resistência de genótipos de eucalipto a ferrugem (*P. psidii*) e que em clones suscetíveis o contato com o herbicida ocasiona a diminuição da severidade da doença, por afetar os processos iniciais de infecção do fungo. Na literatura encontram-se resultados em que o glyphosate, bem como outros herbicidas, aumenta ou diminui a severidade e incidência de doenças em plantas. Neste sentido torna-se relevante a realização de novas pesquisas

envolvendo o contato do glyphosate com plantas de eucalipto e suas relações com outros fitopatógenos e microrganismos benéficos.

Agradecimentos

Agradecemos à Suzano Papel e Celulose e ao CNPq pelo apoio financeiro e suporte na realização dessa pesquisa.

Citações Bibliográficas

ALFENAS, A. C. **Clonagem e doenças do eucalipto**. Viçosa, MG: UFV, 2004.

ANDERSON, J. A.; KOLMER, J. A. Rust control in glyphosate tolerant wheat following application of the herbicide glyphosate. **Plant Disease**, St. Paul, v. 89, p. 1136-1142, 2005.

BERNER, D. K.; BERGGREN, G. T.; SNOW, J. P. Effects of glyphosate on *Calonectia crotalariae* and red crown rot of soybean. **Plant Disease**, St. Paul, v. 75, p. 809-813, 1991.

BUCHANAN, B. B.; GRUISSEM, W.; JONES, R. L. **Biochemistry and molecular biology of plants**. 3 ed. Rockville: American Society of Plant Physiologists, 2000. 1367 p.

FENG, P. C. C. et al. Glyphosate inhibits rust diseases in glyphosate-resistant wheat and soybean. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, Washington, v. 102, p.17290-17295, 2005.

JUNGHANS, D. T. et al. Resistance to rust (*Puccinia psidii* Winter) in *Eucalyptus*: mode of inheritance and mapping of a major gene with RAPD markers. **Theoretical and Applied Genetics**, New York, v. 108, p. 175-180, 2003.

LÉVESQUE, C.A.; RAHE, J. E. Herbicide interaction with fungal root pathogens, with special reference to glyphosate. **Annual Review Phytopathology**, Palo Alto, v.30, p. 579-602, 1992.

MALKONES, H. P. Comparison of the effects of differently formulated herbicides on soil microbial activities — a review. **Journal of Plant Diseases Protection**, Stuttgart, v. 8, p. 781-789, 2000.

RIZZARD, M. A. et al. Ação dos herbicidas sobre o mecanismo de defesa das plantas aos patógenos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 5, p. 957-965, 2003.

SIQUEIRA, C. H. et al. Crescimento e concentração de nutrientes na parte aérea de eucalipto sob efeito da deriva de glyphosate. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 26.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 10.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 8.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO - FERTIBIO 2004, 5., 2004, Lages, SC. **Anais...** Lages: SBCS, 2004. CD-ROM.

SILVA, A. G. et al. Influência de nutrientes (Cu, N e K), de silicato de potássio e ácido salicílico na severidade da ferrugem do eucalipto causada por *Puccinia psidii*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 31, ago. 2006. Suplemento.

TUFFI SANTOS, L. D. et al. Glyphosate sobre a resistência à ferrugem (*Puccinia psidii*) do eucalipto. **Planta Daninha**, Campinas, v. 25, n. 1, p. 139-147, 2007.

WYSS, G. S.; MULLER-SCHARER, H. Effects of selected herbicides on the germination and infection process of *Puccinia lagenophora*, a biocontrol pathogen of *Senecio vulgaris*. **Biological Control**, San Diego, v. 20, p. 160-166, 2001.