

RESPOSTA DIFERENCIAL DE EUCALIPTO E PINUS A GLYPHOSATE

SILVA, N. R. (CAV/UDESC – Lages/SC – naatys_@hotmail.com), CARVALHO, L. B. (CAV/UDESC – Lages/SC – leonardo.carvalho@udesc.br), MESSA, J. R. (CAV/UDESC – Lages/SC – jeffersonmessa@hotmail.com)

RESUMO – O objetivo foi avaliar a resposta de plantas de pinus e eucalipto ao glyphosate e verificar a ocorrência de hormese. Em plantas recém transplantadas, o herbicida glyphosate foi aplicado em doses variando de 0 a 720 g e.a. ha⁻¹ e foi avaliada a massa seca do caule, das folhas e da parte aérea 30 dias após a aplicação. Pinus apresentou menor susceptibilidade do caule (com hormese), enquanto eucalipto, das folhas (com hormese). Pinus e eucalipto, respectivamente, apresentaram hormese para massa seca da parte aérea em doses de 8 g e.a. ha⁻¹ (4,1%) e 11 g e.a. ha⁻¹ (4,8%), GR50 de 75 g e.a. ha⁻¹ e 108 g e.a. ha⁻¹, e redução da massa seca de 57% e 69% quando expostas a doses de 720 g e.a. ha⁻¹. Pinus é mais susceptível ao glyphosate que eucalipto.

Palavras-chave: Dose-resposta, *Eucalyptus* sp., N-(fosfonometil)glicina.

INTRODUÇÃO

O manejo de plantas daninhas em espécies perenes, incluindo pinus (*Pinus* spp.) e eucalipto (*Eucalyptus* spp.), é comumente feito com roçadas na entrelinha associadas à aplicação de herbicidas na linha de plantio (CARVALHO et al., 2013), o que causa o risco de deriva do herbicida sobre plantas da cultura, causando prejuízos ao crescimento, desenvolvimento e produção. Nesse sistema de manejo, o herbicida mais usado é o glyphosate, que não é seletivo às culturas e pode, assim, causar reduções no crescimento ou mesmo morte de plantas caso doses letais atinjam as plantas.

O objetivo com este trabalho foi avaliar a resposta de plantas de pinus e eucalipto a doses crescentes de glyphosate e verificar a ocorrência de hormese que é definido como o efeito estimulante de baixas doses de substâncias tóxicas.

MATERIAL E MÉTODOS

Plantas jovens de eucalipto (*Eucalypto urograndis*, clone Fibria I144) e pinus (*Pinus taeda*, clone Klabin s/n), cultivadas de outubro a dezembro de 2012 em vasos de 5 L preenchidos com mistura de terra e substrato orgânico na proporção 2:1 (v:v), foram submetidas à aplicação de glyphosate (sal de isopropilamina, 360 g e.a. L⁻¹) nas doses 0, 18, 36, 72, 180, 360 e 720 g e.a. ha⁻¹. A aplicação foi efetuada com pulverizador costal pressurizado a CO₂, com pressão de 200 kPa, munido de barra de pulverização contendo

quatro pontas tipo leque TeeJet 80.02 VS e calibrado para volume de calda de 200 L ha⁻¹. O experimento foi desenvolvido em delineamento inteiramente casualizado com seis repetições.

No plantio, aplicaram-se 2 g de NPK (formulação 5-20-10) e 3 g de ureia por vaso no momento do plantio, sendo efetuada irrigação diária do substrato com 150 mL de água. As plantas foram mantidas em casa de vegetação por 30 dias após a aplicação do herbicida, quando foram cortadas rente ao solo, separadas em caule e folhas, acondicionadas em sacos de papel e postas a secar em estufa a 65 °C por uma semana. O material seco foi pesado em balança semi-analítica (0,01 g) para determinação da massa seca.

Os dados foram submetidos à análise de regressão segundo os modelos abaixo.

Exponencial de três parâmetros:

$$y = y_0 + a \cdot \exp(-b \cdot x)$$

Weibull de cinco parâmetros:

$$y = y_0 + a \left[\frac{c-1}{c} \right]^{1-c} \left[\frac{(x-x_0)}{b} + \left[\frac{c-1}{c} \right]^{1/c} \right]^{c-1} \exp \left\{ - \left[\frac{(x-x_0)}{b} + \left[\frac{c-1}{c} \right]^{1/c} \right]^c + \left[\frac{c-1}{c} \right] \right\}$$

Com base nos parâmetros dessas equações, foram estimados os valores da dose requerida para reduzir a massa seca em 50% (GR50). Para a equação exponencial, a GR50 foi representada pelo valor de x_0 quando y foi 50%; enquanto na equação de Weibull, o parâmetro b indicou a GR50. Além disso, para a equação de Weibull, foi estimada a dose que promoveu o maior efeito hormético, indicada pelo parâmetro x_0 .

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Plantas de eucalipto e pinus apresentaram resposta diferencial quando expostas a doses crescentes de glyphosate (Figura 1). Para massa seca do caule, plantas de pinus apresentaram menor susceptibilidade em doses baixas (< 200 g e.a. ha⁻¹), enquanto em doses mais altas plantas de eucalipto foram pouco menos susceptíveis. Para massa seca do caule, plantas de eucalipto não apresentaram efeito hormético, ao contrário do que ocorreu com plantas de pinus (Figura 1 e Tabela 1), sendo que esse efeito hormético (8,3%) na massa seca do caule foi observado em doses próximas a 20 g e.a. ha⁻¹ (Tabela 1). A dose requerida para reduzir a massa seca do caule em 50% foi de 72 g e.a. ha⁻¹ e 120 g e.a. ha⁻¹, respectivamente para eucalipto e pinus, indicando que caule de plantas de pinus toleraram doses cerca de 1,7 vez maior que de plantas de eucalipto. No entanto, a redução final de massa seca no caule foi de 52% e 53% para eucalipto e pinus, respectivamente, portanto semelhante entre as espécies, quando expostas a doses de 720 g e.a. ha⁻¹.

Para massa seca das folhas, plantas de eucalipto apresentaram menor susceptibilidade em todas as doses testadas (Figura 1). Plantas de pinus não apresentaram efeito hormético, ao contrário do que ocorreu com plantas de eucalipto (Figura 1 e Tabela 1),

sendo que esse efeito hormético (8,1%) na massa seca de folhas foi observado em doses próximas a 16 g e.a. ha⁻¹ (Tabela 1). A dose requerida para reduzir a massa seca de folhas em 50% foi de 44 g e.a. ha⁻¹ e 122 g e.a. ha⁻¹, respectivamente para pinus e eucalipto, indicando que folhas de plantas de eucalipto toleraram doses cerca de 2,8 vezes maiores que plantas de pinus. No entanto, a redução final de massa seca de folhas foi de 61% e 81% para eucalipto e pinus, respectivamente, portanto diferente entre as espécies, quando expostas a doses de 720 g e.a. ha⁻¹.

Para massa seca da parte aérea, plantas de eucalipto apresentaram menor susceptibilidade em as doses maiores que 20 g e.a. ha⁻¹ (Figura 1). Plantas das duas espécies apresentaram efeito hormético (Figura 1 e Tabela 1), sendo que esse efeito hormético (4,1% e 4,8% para pinus e eucalipto, respectivamente) na massa seca da parte aérea foi observado em doses próximas a 8 g e.a. ha⁻¹ e 11 g e.a. ha⁻¹, respectivamente para pinus e eucalipto (Tabela 1). A dose requerida para reduzir a massa seca de folhas em 50% foi de 75 g e.a. ha⁻¹ e 108 g e.a. ha⁻¹, respectivamente para pinus e eucalipto, indicando que a parte aérea de plantas de eucalipto tolerou doses cerca de 1,5 vez maior que plantas de pinus. No entanto, a redução final de massa seca da parte aérea foi de 57% e 69% para eucalipto e pinus, respectivamente, portanto diferente entre as espécies, quando expostas a doses de 720 g e.a. ha⁻¹.

A redução do crescimento de plantas expostas a glyphosate decorre da inibição da enzima 5-enolpiruvilchiquimato-3-fosfato sintase (EPSPS), na via metabólica do chiquimato. Essa inibição resulta em redução na síntese dos aminoácidos aromáticos que são requeridos na síntese proteica (SIEHL, 1997), assim como produtos derivados dessa via metabólica, como ácido indolacético, lignina e metabólitos secundários que atuam na defesa da planta (LYDON; DUKE, 1989). A desregulação dessa via metabólica também causa carência de compostos necessários à fixação de carbono (SIEHL, 1997), processo rapidamente inibido pela ação do herbicida (SERVAITES et al., 1987). No entanto, os mecanismos que acarretam hormese por glyphosate não são bem conhecidos.

Estudos indicam que o efeito hormético está ligado à inibição parcial da EPSPS por baixas doses de glyphosate (VELINI et al., 2008; CEDERGREEN; OLESEN, 2010). Como a lignificação é inibida, mais carbono é particionado em sacarose (VELINI et al., 2008) ou a síntese de sacarose não é inibida em tecidos fonte devido às baixas doses de glyphosate. O aumento da fotossíntese e/ou redução da respiração também parecem influenciar o efeito hormético (CEDERGREEN; OLESEN, 2010). Portanto, não é um simples mecanismo fisiológico que explica o efeito hormético observado em diversas espécies quando expostas ao glyphosate, além desse efeito ser dependente de condições de crescimento das plantas (CEDERGREEN; OLESEN, 2010) e de estágio de crescimento das plantas quando expostas ao herbicida (CARVALHO et al., 2013).

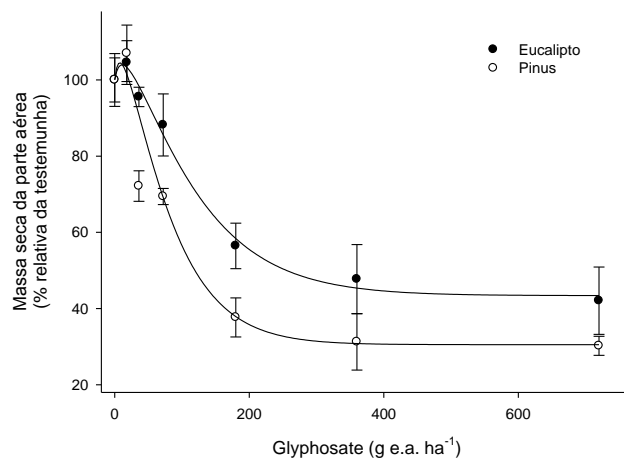
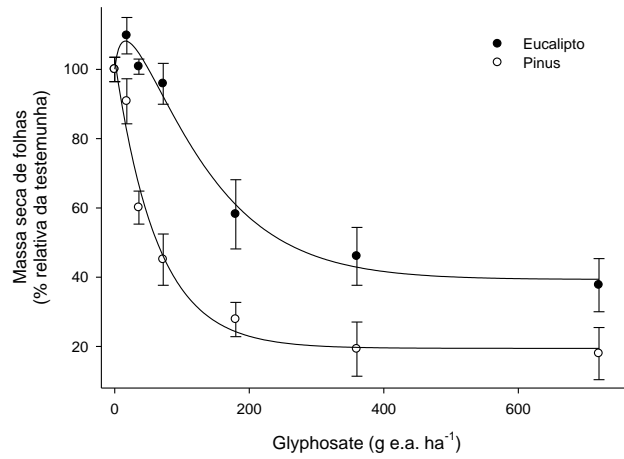
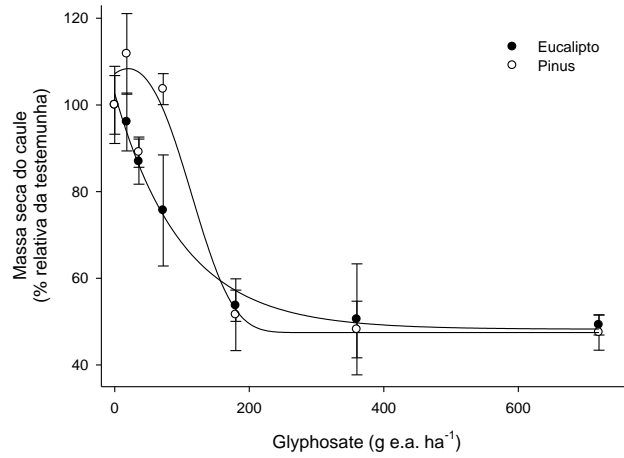


Figura 1. Curvas de dose-resposta da massa seca de caule, folhas e parte aérea de eucalipto e pinus submetidos à aplicação de diferentes doses de glyphosate (sal de isopropilamina).

CONCLUSÃO

Pinus é mais susceptível ao glyphosate que eucalipto. Ambas as espécies apresentam efeito hormético quando expostas a glyphosate em doses próximas a 8 g e.a. ha⁻¹ e 11 g e.a. ha⁻¹, respectivamente para pinus e eucalipto.

Tabela 1. Tipo de equação, coeficiente de determinação ajustado (R^2), efeito hormético e dose requerida para reduzir a massa seca em 50% (GR50), estimados de acordo com os resultados da análise de regressão, para massa seca de caule, folhas e parte aérea de eucalipto e pinus submetidos à aplicação de diferentes doses de glyphosate (sal de isopropilamina).

Cultura	Parte	Equação ¹	R^2 / ²	Hormese ³		GR50 (g e.a. ha ⁻¹)
				Dose (g e.a. ha ⁻¹)	%	
Eucalipto	Caule	Exponencial	0,99**	NO	NO	72
	Folhas	Weibull	0,99**	16	8,1	122
	Parte aérea	Weibull	0,99**	11	4,8	108
Pinus	Caule	Weibull	0,86*	20	8,3	120
	Folhas	Exponencial	0,98**	NO	NO	44
	Parte aérea	Weibull	0,99**	8	4,1	75

¹ Equação exponencial: $y = y_0 + a \cdot \exp(-b \cdot x)$

Equação de Weibull: $y = y_0 + a \left[\frac{c-1}{c} \right] \left[\frac{1-c}{c} \right]^{\frac{c-1}{c}} \left\{ \left[\frac{(x-x_0)}{b} \right] + \left[\frac{c-1}{c} \right] \left(\frac{1}{c} \right) \right\}^{c-1} \exp \left\{ - \left[\frac{(x-x_0)}{b} \right] + \left[\frac{c-1}{c} \right] \left(\frac{1}{c} \right) \right\}^c + \left[\frac{c-1}{c} \right]$

² ** e * indicam significância de 5% e 1% pelo teste F, respectivamente.

³ NO indica hormese não observada.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela bolsa de Iniciação Científica concedida ao terceiro autor.

REFERÊNCIAS

- CARVALHO, L. B. et al. Hormesis with glyphosate depends on coffee growth stage. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 85, n. 2, p. 813-822, 2013.
- CEDERGREEN, N.; OLESEN, C. F. Can glyphosate stimulate photosynthesis? **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 96, n. 3, p. 140-148, 2010.
- LYDON, J.; DUKE, S. O. Pesticide effects on secondary metabolism of higher plants. **Pest Management Science**, v. 25, n. 4, p. 361-373, 1989.
- SERVAITES, J. C. et al. Glyphosate effects on carbon assimilation, ribulose biphosphate carboxylase activity, and metabolite levels in sugar beet leaves. **Plant Physiology**, v. 85, n. 2, p. 370-374, 1987.
- SIEHL, D. L. Inhibitors of EPSPS synthase, glutamine synthetase and histidine synthesis. In: ROE, R. M. et al. (Eds). **Herbicide activity: toxicology, biochemistry and molecular biology**. IOS Press: Amsterdam, The Netherlands, 1997. p. 37-67.
- VELINI, E. D. et al. Glyphosate applied at low doses can stimulate plant growth. **Pest Management Science**, v. 64, n. 4, p. 489-496, 2008.