

## DIAGNÓSTICO DA EXISTÊNCIA DE *Digitaria insularis* RESISTENTE AO HERBICIDA GLYPHOSATE NO SUL DO BRASIL

ADEGAS, F. S.<sup>1</sup>; GAZZIERO, D. L. P.<sup>2</sup>; VOLL, E.<sup>3</sup>; OSIPE, R.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Embrapa Soja, Londrina (PR). Fone: 43-33716112. [adegas@cnpsa.embrapa.br](mailto:adegas@cnpsa.embrapa.br)

<sup>2</sup> Embrapa Soja, Londrina (PR). Fone: 43-33716270. [gazziero@cnpsa.embrapa.br](mailto:gazziero@cnpsa.embrapa.br)

<sup>3</sup> Embrapa Soja, Londrina (PR). Fone: 43-33716252. [voll@cnpsa.embrapa.br](mailto:voll@cnpsa.embrapa.br)

<sup>4</sup> UENP, Bandeirantes (PR). Fone: 43-35428048. [robosipe@ffalm.br](mailto:robosipe@ffalm.br)

### Resumo

O trabalho teve por objetivo verificar se uma população de *Digitaria insularis* (DIGIN) do sul do Brasil era resistente ao glyphosate. O experimento foi conduzido em casa-de-vegetação, em blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos foram compostos pelos biótipos de DIGIN, com e sem suspeita de resistência, que receberam a aplicação dos herbicidas: glyphosate (em sete doses, sendo a normal recomendada de 1,080 kg ha<sup>-1</sup>, mais as proporções de 1/8, 1/4, 1/2, 2/1, 4/1 e 8/1 dessa dose), clethodim (0,096 kg ha<sup>-1</sup>) e haloxyfop-methyl (0,048 kg ha<sup>-1</sup>), mais uma testemunha sem aplicação de herbicida. Os herbicidas foram aplicados quando as plantas de DIGIN se encontravam com média de 12 cm de altura, quatro a cinco folhas e três perfilhos. Pela análise conjunta dos resultados foi comprovada a resistência ao glyphosate dos biótipos que tinham a suspeita inicial de serem resistentes a esse herbicida. A dose estimada de glyphosate para reduzir o desenvolvimento de 50% da população resistente (GR<sub>50</sub>) foi estimada em 1,66375 kg ha<sup>-1</sup> e para a população susceptível foi de 0,25752 kg ha<sup>-1</sup>. Isso resultou em um coeficiente R/S de 6,46, que demonstra um alto grau de resistência da população estudada. Para um alto nível de controle, de 90%, a dose estimada de glyphosate para redução da população resistente (GR<sub>90</sub>) foi estimada em 11,82802 kg ha<sup>-1</sup> e para a população susceptível foi de 0,58509 kg ha<sup>-1</sup>, resultando em um coeficiente de resistência de 20,21.

**Palavras-chave:** DIGIN, capim-amargoso, coeficiente de resistência.

### Abstract

The objective of this study was to investigate the occurrence of *Digitaria insularis* resistant to glyphosate in a population from southern Brazil. The experiment was conducted in greenhouse and the experimental design was a randomized block, with four replications. The treatments applied on two biotypes were seven glyphosate doses (1,080 kg ha<sup>-1</sup> plus 1/8, 1/4, 1/2, 2/1, 4/1 and 8/1 of the initial dose), clethodim (0.096 kg ha<sup>-1</sup>), haloxyfop-methyl (0.048 kg ha<sup>-1</sup>) and a check plot. Herbicides were applied when plants were 12 cm in height, four to five leaves and three tillers. Analysis of the results confirmed resistance of DIGIN biotypes to glyphosate, which were suspicious of being resistant to this herbicide. The GR<sub>50</sub> of the resistant and susceptible populations were 1.66375 kg ha<sup>-1</sup> and 0.25752 kg ha<sup>-1</sup>, respectively, with a resistance ratio of 6.46, demonstrating a high degree of resistance of the studied population. Similarly, the GR<sub>90</sub> of the resistant and susceptible populations were 11.82802 kg ha<sup>-1</sup> and 0.58509 kg ha<sup>-1</sup>, respectively, with a resistance ratio of 20.21.

**Keywords:** DIGIN, sourgrass, coefficient of resistance.

### Introdução

As plantas daninhas causam sérios danos à agricultura. Em termos médios, 30% a 40% de redução da produção agrícola mundial são atribuídos à interferência das plantas daninhas (Lorenzi, 2006). No caso da soja, a competição das plantas daninhas acontece principalmente por recursos básicos ao desenvolvimento da cultura, como a água, a luz e os nutrientes, podendo resultar em perdas significativas, com redução de mais de 90% da produção da oleaginosa. A competição também pode dificultar a operação de colheita, prejudicando a qualidade do grão ou da semente (TECNOLOGIAS, 2008).

O sistema de plantio direto é o predominante na produção de soja no Brasil. Nesse sistema o controle das plantas daninhas antes da semeadura é realizado através da aplicação de herbicidas, normalmente não seletivos, na operação denominada de dessecação ou manejo (Roman, 2002). Os principais herbicidas utilizados no manejo são os de ação total, não seletivos, principalmente o glyphosate, cujo mecanismo de ação é a inibição da enzima EPSPs (5 enolpiruvilshiquimato-3-fosfato sintase), evitando a transformação do shiquimato em corismato e, conseqüentemente, que não ocorra a síntese de três aminoácidos aromáticos: fenilalanina, tirosina e triptofano (Shaner & Bridges, 2002).

Oficialmente a partir da safra 2005/06, o glyphosate também passou a ser utilizado no país em pós-emergência dentro da cultura da soja, com a liberação do plantio da soja geneticamente modificada para tolerância a esse herbicida. Essa tolerância foi obtida pela inserção de um gene (AroA) oriundo do genoma da *Agrobacterium* sp., estirpe CP4, a qual codifica uma variante da EPSPs (CP4 EPSPs), especialmente tolerante à inibição pelo glyphosate (Padgett et al., 1995). Sob tratamento com esse herbicida as plantas de soja não são afetadas, em virtude da ação continuada e sistemática dessa enzima alternativa, insensível ao produto.

Devido a isso, nos últimos anos o glyphosate se tornou o principal herbicida utilizado no sistema de produção de soja, sendo uma das conseqüências dessa grande utilização, o surgimento de plantas daninhas resistentes a esse herbicida, pois, como descreveu Christoffoleti et al. (1994), a alta freqüência de utilização de um determinado herbicida resulta em forte pressão de seleção de biótipos de plantas daninhas resistentes ao mesmo, que já estão naturalmente presentes na área, mas em baixa freqüência.

No Brasil já existe a constatação de cinco espécies de infestantes resistentes ao glyphosate, dentre essas a *Digitaria insularis*, cujo primeiro foco foi verificado em uma lavoura de soja no município de Guaíra, na região oeste do Estado do Paraná, e após a realização de testes que comprovaram a resistência, o caso foi devidamente relatado em 2008, por Adegas et al. em Heap (2010).

*Digitaria insularis*, conhecida vulgarmente como capim-amargoso, é uma planta arbórea e perene, podendo atingir até 150 cm de altura, que forma touceiras consideráveis a partir de curtos rizomas, os quais juntamente com as abundantes sementes são os responsáveis pela reprodução da espécie, sendo considerada de grande potencial como invasora (Kissmann & Groth, 1997). O controle químico de *Digitaria insularis* não é eficaz quando a planta está entouceirada, com os rizomas já formados (Machado et al., 2006), situação que normalmente ocorre na operação de manejo, na dessecação em pré-semeadura da cultura da soja.

Portanto, além de ser uma espécie naturalmente de difícil controle, é importante ter conhecimento se as populações de *Digitaria insularis* possuem ou não resistência ao glyphosate, pois em caso positivo, seria ainda mais difícil manejar essa infestante no sistema de produção de soja. Dentro deste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a ocorrência da resistência ao glyphosate, em uma população de *Digitaria insularis* localizada no sul do Brasil.

## Material e métodos

As sementes de *Digitaria insularis* (DIGIN) foram coletadas em janeiro de 2008, em uma área com suspeita de ocorrência de biótipos resistentes ao glyphosate, no município de Guaíra, situado no oeste do Estado do Paraná, onde havia se realizado previamente duas aplicações do herbicida, na dose de 1,080 kg ha<sup>-1</sup>, em cada aplicação. Também foram coletadas sementes de um biótipo sabidamente susceptível a este herbicida, dentro do campo experimental da Embrapa Soja em Londrina, local de realização do experimento.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, com quatro repetições. Os tratamentos foram compostos pelos dois biótipos de DIGIN que receberam a aplicação dos herbicidas: glyphosate (em sete doses, sendo a normal recomendada de 1,080 kg ha<sup>-1</sup>, mais as proporções de 1/8, 1/4, 1/2, 2/1, 4/1 e 8/1 dessa dose), clethodim (0,096 kg ha<sup>-1</sup>) e haloxyfop-methyl (0,048 kg ha<sup>-1</sup>), mais uma testemunha sem aplicação de herbicida.

O experimento foi conduzido em casa-de-vegetação, em vasos plásticos de 500 cm<sup>3</sup>, preenchidos com Latossolo Roxo eutrófico, apresentando 75% de argila e 2,6% de matéria orgânica. A semeadura aconteceu dia 10/03/08, com 30 sementes vaso<sup>-1</sup>, sendo realizado posteriormente um desbaste onde foram deixados entre três a quatro plantas vaso<sup>-1</sup>.

Os herbicidas foram aplicados quando as plantas de DIGIN se encontravam com média de 12 cm de altura, quatro a cinco folhas e três perfilhos. A aplicação foi realizada fora da casa-de-vegetação, com pulverizador costal pressurizado com CO<sub>2</sub>, equipado com bico XR 110.02, na

pressão de trabalho de 2,15 kg cm<sup>-2</sup> e consumo de calda de 180 L ha<sup>-1</sup>, com temperatura de 28° C, umidade relativa de 64% e vento de 4,2 km.h<sup>-1</sup>.

A avaliação de controle foi realizada por dois métodos: pela avaliação visual aos 7, 14 e 21 dias após a aplicação dos herbicidas (DAA), através da escala percentual, onde zero (0%) representou nenhum controle e 100% representou controle total (ALAM, 1974); e pela produção de biomassa seca total das plantas (g vaso<sup>-1</sup>), com as plantas sendo coletadas, parte aérea e raízes, aos 21 DAA, colocadas a secar em estufa de circulação forçada de ar a 70° ± 1° C, até atingir peso constante, e posteriormente pesadas em balança de precisão.

Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5%. As doses para controle de 50% e 90% das populações (GR<sub>50</sub> e GR<sub>90</sub>) foram obtidas pelo "Probit Procedure" (programa SAS), sendo a taxa de resistência calculada pelo coeficiente entre os GR<sub>50</sub> e GR<sub>90</sub> das populações resistente e a susceptível.

## Resultados e discussão

A aplicação de glyphosate na dose recomendada para o controle de *Digitaria insularis* (DIGIN), que é de 1,080 kg ha<sup>-1</sup>, não proporcionou morte de nenhum dos biótipos com suspeita de resistência, aos 14 dias após a aplicação (DAA), cujo nível de controle ficou em 53,75%, conforme pode ser observado na tabela 1. As sub-doses resultaram em controle inferior. O aumento da dose também não resultou em controle eficiente desses biótipos, pois até na dose máxima, de 8,640 kg ha<sup>-1</sup>, que corresponde a oito vezes a dose normal do herbicida, o controle atingiu apenas 77,5%. Os tratamentos padrões compostos pelos herbicidas clethodim e haloxyzafop-methyl, proporcionaram controle satisfatório dos biótipos com suspeita de resistência, com nível de 88,75% e 96,5%, respectivamente.

Como era esperado, os biótipos conhecidamente susceptíveis ao glyphosate foram eficientemente controlados por esse herbicida, inclusive com 0,540 kg ha<sup>-1</sup>, que representa metade da dose recomendada. Os tratamentos de 1/4 e 1/8 da dose normal resultaram em controle não satisfatório, com nível máximo de 61,25%. O tratamento de glyphosate na dose recomendada, de 1,080 kg ha<sup>-1</sup>, proporcionou controle de 96,75%, se igualando ao haloxyzafop-methyl. Os demais tratamentos formaram o grupo de maior eficiência, com média de controle de 99,37%.

**Tabela 1.** Porcentagem de controle de biótipos de *Digitaria insularis* com suspeita de resistência ao glyphosate (BioResis) e biótipos susceptíveis (BioSusc), aos 14 e 21 dias após a aplicação dos herbicidas (DAA), e peso da biomassa seca (BMS) dos biótipos aos 21 DAA. Londrina, PR. 2010.

Tratamentos	Dose (kg ha <sup>-1</sup> )	Controle BioResis (%)		Controle BioSusc (%)		BMS (g vaso <sup>-1</sup> )	
		14 DAA	21 DAA	14 DAA	21 DAA	BioResis	BioSusc
Glyphosate	0,135	7,50 h	5,50 g	31,25 e	21,25 d	11,26 a	8,53 a
Glyphosate	0,270	13,75 g	10,50 g	61,25 d	42,50 c	8,48 a	2,48 b
Glyphosate	0,540	41,25 f	26,25 f	85,25 c	93,25 b	6,40 b	0,63 c
Glyphosate	1,080	53,75 e	33,75 e	96,75 b	100 a	5,74 b	0,44 c
Glyphosate	2,160	68,75 d	58,75 d	99,00 a	100 a	3,16 c	0,49 c
Glyphosate	4,320	72,50 d	75,00 c	99,50 a	100 a	2,04 c	0,40 c
Glyphosate	8,640	77,50 c	85,00 b	99,00 a	100 a	0,90 c	0,48 c
Clethodim	0,096	88,75 b	98,75 a	100 a	100 a	0,56 c	0,50 c
Haloxyzafop-methyl	0,048	96,50 a	100 a	95,75 b	100 a	0,39 c	0,42 c
Testemunha	-	0,00 i	0,00 h	0,00 f	0,00 e	10,21 a	8,70 a
C. V. (%)		6,29	8,44	2,46	1,85	41,75	42,10

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

Para os biótipos de DIGIN com suspeita de resistência ao glyphosate, a última avaliação, aos 21 DAA, mostrou que os tratamentos com doses do herbicida entre 0,135 a 2,160 kg ha<sup>-1</sup>, que representam as proporções de 1/8, 1/4, 1/2, 1/1 e 2/1 da dose normal recomendada, tiveram o

nível de controle diminuído em relação a avaliação anterior, sendo o melhor resultado desse grupo obtido pelo tratamento com o dobro da dose, de 2,160 kg ha<sup>-1</sup>, mas com apenas 58,75% de controle. Os tratamentos com as maiores doses de glyphosate incrementaram o controle em relação a avaliação anterior, inclusive a dose de 8,640 kg ha<sup>-1</sup> proporcionou controle considerado eficiente, de 85%. Os tratamentos de clethodim e haloxyzafop-methyl foram muito eficientes e superiores ao glyphosate, com respectivas médias de 98,75% e 100% de controle da DIGIN suspeita de resistência.

Na mesma avaliação, aos 21 DAA, ocorreu a morte de todos os biótipos susceptíveis ao glyphosate a partir da dose normal do herbicida, que foi de 1,080 kg ha<sup>-1</sup>, assim como nos tratamentos com o clethodim e o haloxyzafop-methyl. Esses biótipos também foram eficientemente controlados pelo tratamento com apenas a metade da dose recomendada de glyphosate (540 kg ha<sup>-1</sup>), cujo nível alcançou 93,25% de controle.

Os resultados do peso da biomassa seca (BMS) de DIGIN, que também estão na tabela 1, mostram que os tratamentos com as duas menores doses de glyphosate, de 0,270 e 0,135 kg ha<sup>-1</sup>, não se diferenciaram da testemunha sem aplicação do herbicida. Os tratamentos com a dose normal recomendada e com a metade dessa dose, formaram um grupo intermediário de eficiência na redução da BMS. O grupo de tratamentos mais eficientes foi formado pela aplicação de glyphosate no intervalo de doses entre 2,160 e 8,640 kg ha<sup>-1</sup>, que representa de duas a oito vezes a dose recomendada, mais os tratamentos com os herbicidas clethodim e haloxyzafop-methyl. A redução média da BMS proporcionada por esse grupo em relação a testemunha sem aplicação foi de 80,1%.

Já para os biótipos susceptíveis, os tratamentos mais eficientes na avaliação visual formaram o grupo de maior eficiência também para a redução da BMS, que foram as dose de glyphosate entre 0,540 e 8,640 kg ha<sup>-1</sup>, que correspondem ao intervalo da metade a oito vezes a dose recomendada do herbicida, mais os tratamentos de clethodim e haloxyzafop-methyl.

Pela análise conjunta dos resultados da tabela 1, foi comprovada a resistência ao glyphosate dos biótipos que tinham a suspeita inicial de serem resistentes a esse herbicida, sendo as taxas dessa resistência descritas na tabela 2.

A dose estimada de glyphosate para reduzir o desenvolvimento de 50% da população resistente (GR<sub>50</sub>) foi estimada em 1,66375 kg ha<sup>-1</sup>. Para a população susceptível a dose estimada do GR<sub>50</sub> foi de 0,25752 kg ha<sup>-1</sup>. Isso resultou em um coeficiente de resistência de 6,46, que demonstra o alto grau de resistência da população estudada.

Para uma expectativa de controle alta, de 90%, a dose estimada de glyphosate para reduzir nesse nível a população resistente (GR<sub>90</sub>) foi estimada em 11,82802 kg ha<sup>-1</sup>. Para a população susceptível a dose estimada do GR<sub>90</sub> foi de 0,58509 kg ha<sup>-1</sup>. Isso resultou em um coeficiente ainda mais alto de resistência, que foi de 20,21.

**Tabela 2.** Estimativa da dose de glyphosate (kg ha<sup>-1</sup>) para a redução de 50% (GR<sub>50</sub>) e de 90% (GR<sub>90</sub>) do desenvolvimento dos biótipos de *Digitaria insularis* com suspeita de resistência ao herbicida (BioResis) e a taxa de resistência (R/S) em relação ao biótipo susceptível (BioSusc). Londrina (PR), 2010.

GR <sub>50</sub> (kg ha <sup>-1</sup> de Glyphosate)			GR <sub>90</sub> (kg ha <sup>-1</sup> de Glyphosate)		
BioResis	BioSusc	R/S	BioResis	BioSusc	R/S
1,66375	0,25752	6,46	11,82802	0,58509	20,21

#### Literatura citada

ALAM - ASOCIACION LATINOAMERICANA DE MALEZAS. Recomendaciones sobre unificación de los sistemas de evaluación en ensayos de control de malezas. **ALAM**, v.1, n.1, p.35-38, 1974.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; VICTORIA FILHO, R.; SILVA, C. B. Resistência de plantas daninhas aos herbicidas. **Planta Daninha**, v. 12, n. 1, p. 13-20, 1994.

TECNOLOGIAS de produção de soja - Região Central do Brasil - 2009 e 2010. Londrina: Embrapa Soja: Embrapa Cerrados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2008. p. 153-170 (Embrapa Soja. **Sistemas de Produção**, 13).

HEAP, I. The international survey of herbicide resistant weeds. Disponível em: <<http://www.weedscience.org>>. Acesso em 30 de março de 2010.

KISSMANN, K.G.; GROTH, D. **Plantas infestantes e nocivas**. São Paulo: BASF, 2. ed., Tomo I, 1997, 825p.

MACHADO, A. F. L. et al. Análise de crescimento de *Digitaria insularis*. **Planta Daninha**, v. 24, n. 4, p. 641-647, 2006.

PADGETTE, S. R. et al. New weed control opportunities: development of glyphosate-tolerant soybeans. In: DUKE, S. O. (ed.). **Herbicide resistant crops**. Boca Raton: CRC, 1995. p. 54-80.

ROMAN, E. S. Eficácia de herbicidas na dessecação e no controle residual de plantas daninhas no sistema desseque e plante. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.3, n.1, p. 45-49, 2002.

SHANER, D.; BRIDGES, D. Inhibitors of aromatic amino acid biosynthesis (glyphosate). In: **HERBICIDE ACTION COURSE**. West Lafayette: Purdue University, 2002. p. 514-529.