

## **Ação de herbicidas inibidores da PROTOX sobre o desenvolvimento, acamamento e produtividade da soja<sup>1</sup>**

*Action of PROTOX inhibitors herbicide on the development, lodging and yield of soybean*

Mateus Gallon<sup>2</sup>; Géderson Luiz Buzzello<sup>3</sup>; Michelangelo Muzell Trezzi<sup>4</sup>; Francielli Diesel<sup>5</sup>; Henrique Luis da Silva<sup>6</sup>

**Resumo** - A soja é a espécie leguminosa mais importante mundialmente e por isso investimentos em tecnologia são necessários para o aumento da produtividade e redução de fatores adversos à cultura. Na região Sul do Brasil, são frequentes os problemas ocasionados pelo acamamento de plantas de algumas cultivares de soja. Este trabalho objetivou avaliar os efeitos da aplicação de herbicidas inibidores da enzima Protoporfirinogênio Oxidase (PROTOX) sobre o desenvolvimento, rendimento de grãos e componentes e sobre o acamamento das plantas do cultivar de soja CD 214 RR. O experimento foi conduzido a campo, em delineamento blocos ao acaso, com quatro repetições, em esquema bifatorial. O fator A foi constituído por cinco tratamentos herbicidas: carfentrazone nas doses 6, 10 e 22 g ha<sup>-1</sup> de i.a., lactofen 144 g ha<sup>-1</sup> de i.a. e testemunha sem aplicação. O fator B foi constituído por seis épocas de avaliação de injúria e sete épocas para altura de planta e acamamento. Foram determinadas a injúria, altura, acamamento, componentes e rendimento de grãos de soja e rendimento biológico aparente. Os herbicidas lactofen e carfentrazone reduziram a altura e, conseqüentemente, o acamamento das plantas de soja. Carfentrazone foi mais fitotóxico e mais eficaz em reduzir a altura de plantas de soja do que lactofen. Lactofen resultou em rendimento de grãos de soja mais elevados do que as diferentes concentrações de carfentrazone, embora ambos não tenham diferido do rendimento de grãos da testemunha sem herbicidas.

**Palavras-chaves:** carfentrazone-ethyl; *Glycine max*; lactofen

**Abstract** - Soybean is the most important leguminous species worldwide and therefore investments in technologies are needed to increase productivity and reduce adverse factors to the crop. In Southern Brazil, there are often problems caused by lodging of plants from some soybean cultivars. This study aimed to evaluate the effects of application of Protoporfirinogênio Oxidase

<sup>1</sup> Recebido para publicação em 05/05/2016 e aceito em 11/08/2016.

<sup>2</sup> Eng. Agrônomo, Mestre, Doutorando em Fitotecnia na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Brasil. E-mail: <mtgallon90@yahoo.com.br>.

<sup>3</sup> Eng. Agrônomo, Mestre. Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, Universidade Federal do Paraná (UFPR), Brasil. E-mail: <gbuzzello@gmail.com>.

<sup>4</sup> Eng. Agrônomo, Ph.D, Professor na Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Campus Pato Branco, Brasil. E-mail: <trezzi@utfpr.edu.br>.

<sup>5</sup> Engenheira Agrônoma, Mestre, Doutoranda em Agronomia, UTFPR, Brasil. E-mail: <francielli\_diesel@hotmail.com>.

<sup>6</sup> Eng. Agrônomo, Mestre. Área de Difusão de Tecnologia, Instituto Agrônômico do Paraná, Brasil. E-mail: <hluis@iapar.br>.

(PROTOX) inhibitors herbicides on development, yield and components and plant lodging on the cultivar CD 214 RR. The experiment was conducted under field, in randomized block design with four replications in a factorial model. Factor A included five herbicides treatments: carfentrazone at doses 6, 10 and 22 g ha<sup>-1</sup> of a.i., lactofen 144 g ha<sup>-1</sup> of a.i. and control without application. The factor B consisted of six assessment times of injury and seven times for plant height and lodging. Soybean plant injury, height, lodging, yield, yield components and biological yield are assessed. The lactofen and carfentrazone herbicides were able to reduce the height and consequently the soybean lodging. Carfentrazone was more phytotoxic and more effective in reducing the soybean plants height than lactofen. Lactofen resulted in soybeans grain yield higher than different concentrations of carfentrazone, although both did not differ in yield grain of the control without herbicides.

**Keywords:** carfentrazone-ethyl; *Glycine max*; lactofen

## Introdução

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é a espécie leguminosa mais importante mundialmente e por isso investimentos em tecnologia são necessários para o aumento da produtividade e redução de fatores adversos à cultura. Na região Sul do Brasil, em áreas com altitude superior a 700 m, são frequentes os problemas ocasionados pelo acamamento de plantas de algumas cultivares de soja. O acamamento pode ocorrer devido a fatores como a alta densidade de plantas por área, elevada disponibilidade hídrica, ventanias, utilização de cultivares de porte alto, entre outros (Cato e Castro, 2006; Linzmeyer Junior et al., 2008). O elevado crescimento vegetativo das plantas, que ocasiona o acamamento, provoca também o sombreamento de folhas que ficam nos terços inferiores do dossel, refletindo em redução da eficiência fotossintética durante o seu desenvolvimento (Liu et al., 2008). Essas perdas se somam às decorrentes da dificuldade para recolhimento das plantas acamadas no momento da colheita (Cato e Castro, 2006; Silva, 2008).

Diferentes estratégias têm sido empregadas para reduzir os problemas de acamamento. Em algumas espécies cultivadas, a introdução de genes de nanismo, juntamente com menor área foliar e disposição mais adequada das folhas no dossel têm permitido o adensamento de plantas sem resultar em perdas por acamamento e gerando incremento de

produtividade (Lobato et al., 2007). A redução do acamamento promovida por fitoreguladores pode resultar incremento do rendimento de grãos de soja. Dentre os reguladores vegetais, empregados com a finalidade de reduzir o crescimento longitudinal e tornar a arquitetura das plantas mais adaptadas e eficientes no uso dos recursos para suportar alto rendimento agrônomico das plantas, se destacam os cloretos de chlormequat e de mepiquat e o trinexapac ethyl (Souza et al., 2013). Estes, são utilizados principalmente em cultivos de monocotiledôneas como o trigo (Berti et al., 2007) e cana-de-açúcar (Leite et al., 2011) e em dicotiledôneas como na cultura do algodão (Nagashima et al., 2010) e em menor escala para a soja (Linzmeyer Junior et al., 2008; Correia et al., 2012; Souza et al., 2013), além de espécies hortícolas. Em experimento que avaliou o desempenho dos fitoreguladores TIBA (2,3,5-triiodobenzoic acid) e daminozide (succinic acid-2,2-dimethylhydrazide) sobre plantas de soja foi detectada correlação negativa significativa entre acamamento e rendimento de grãos (Buzzello et al., 2013).

Alguns herbicidas também possuem a capacidade de reduzir o desenvolvimento de plantas de soja e têm sido utilizados por sojicultores para reduzir o acamamento de plantas. Os herbicidas lactofen e carfentrazone são inibidores da enzima protoporfirinogênio oxidase (PROTOX), não participam diretamente no processo da fotossíntese, mas geram a acumulação de compostos

fotodinâmicos que interferem negativamente na fotossíntese, respiração e cadeia de transporte de elétrons (Duke et al., 1991).

A dose utilizada, o grau de tolerância da cultura ao herbicida e as condições do ambiente são alguns dos fatores que influenciam a toxicidade causada por inibidores da PROTOX às plantas de soja. A aplicação do lactofen (concentrações de 220 e 440 g ha<sup>-1</sup> de i.a) em plantas de soja ocasionou redução da taxa de crescimento e da massa verde em avaliação 12 dias após a aplicação (DAA), porém houve recuperação total da injúria aos 26 DAA, sem implicar em redução no rendimento de grãos (Wichert e Talbert, 1993). A aplicação de diferentes concentrações de lactofen (96; 192; 288 e 384 g ha<sup>-1</sup> de i.a) sobre plantas da cultivar de soja UFV-10 ocasionou sintomas temporários de necrose e clorose, mas não afetou o rendimento de grãos (Espinosa et al., 1995).

A hipótese deste estudo é que os herbicidas lactofen e carfentrazone, inibidores da PROTOX, controlam o crescimento vegetativo excessivo em plantas de soja, reduzindo o acamamento das plantas e resultando em aumento no rendimento de grãos e seus componentes. O trabalho teve por objetivo de avaliar os efeitos da aplicação de herbicidas inibidores da enzima PROTOX sobre o desenvolvimento, rendimento de grãos e componentes e sobre o acamamento das plantas do cultivar de soja CD 214 RR.

## Material e Métodos

O experimento foi conduzido a campo na Estação Experimental do Campus da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, situada no município de Pato Branco, estado do Paraná, com latitude de 26°10'27''S, longitude de 52°41'10''W e altitude de 720 m. O clima do município segundo Köppen é classificado de Cfa – clima subtropical úmido mesotérmico. O solo da área experimental é do tipo Latossolo Vermelho Distroférrico e sua caracterização química foi a seguinte: [(pH CaCl<sub>2</sub>: 4,6) (Mo:

60,3 g dm<sup>-3</sup>) (Fe: 28; Mn: 88,5; Cu: 2,6; Zn: 7,1; P: 18,5 mg dm<sup>-3</sup>) (V:48,3; Ca: 35,9; Mg: 10,4; K: 2%)].

Foi utilizada a cultivar de soja CD 214 RR, com grupo de maturação 6.7 e hábito determinado, que apresenta histórico de acamamento em regiões de altitudes superiores a 700 m na região Sul do Brasil. Cada unidade experimental possuía dimensões de 4,7 x 2,0 m, com área útil de 4,05 m<sup>2</sup>. As parcelas tinham cinco linhas de semeadura, espaçadas em 0,40 m, totalizando densidade de 400.000 plantas ha<sup>-1</sup>. A semeadura foi efetuada no dia 12 de novembro de 2008, à profundidade de 5 cm. A densidade e época de semeadura utilizadas no experimento visaram maximizar o acamamento de plantas, baseadas em observações efetuadas em lavouras de soja da região Sudoeste do PR.

O experimento foi implantado em delineamento blocos ao acaso, com quatro repetições. Os tratamentos foram arranjados em esquema bifatorial, em que o fator A correspondeu aos inibidores da PROTOX/concentrações [carfentrazone-ethyl (Aurora 400 EC, 400 g L<sup>-1</sup> de i.a., EC, FMC) 6, 10 e 22 g ha<sup>-1</sup> de i.a. e lactofen (Cobra, 240 g L<sup>-1</sup> de i.a., CE, Bayer) 144 g ha<sup>-1</sup> de i.a.] e uma testemunha sem aplicação e o fator B a seis épocas de avaliação de injúria (14, 21, 28, 35, 42, 49 dias após a aplicação dos tratamentos - DAA) e sete épocas para altura de planta (7, 14, 21, 28, 35, 42, 49 DAA) e para acamamento (14, 21, 28, 35, 42, 49 e 56 DAA). A dose mínima de carfentrazone-ethyl recomendada para uso na cultura da soja é 10 g ha<sup>-1</sup> de i.a. O carfentrazone foi aplicado no estágio fenológico V<sub>5</sub> e o lactofen no estágio V<sub>7</sub>, com pulverizador costal pressurizado a CO<sub>2</sub>, mantido a pressão constante de 300 Kpa, calibrado para uma vazão de 200 L ha<sup>-1</sup>, com uma barra com quatro pontas XR 110.02.

No decorrer do experimento, as principais pragas e moléstias foram monitoradas de acordo com as Recomendações Técnicas para a Cultura da Soja (EMBRAPA, 2005). O controle de plantas daninhas foi realizado através de duas aplicações do herbicida

glyphosate (Roundup Original, 480 g L<sup>-1</sup> de i.a., CS, Monsanto), nos estádios V<sub>2</sub> e V<sub>4</sub> da cultura, cada uma com 960 g ha<sup>-1</sup> de i.a. Foram determinadas a altura, acamamento e a toxicidade dos produtos às plantas de soja no decorrer do ciclo da cultura. Para a determinação da altura, foram utilizadas dez plantas, aleatoriamente, na área útil da parcela, nas quais foi medida a distância desde o colo da planta, até a última folha expandida. A determinação do acamamento foi feita considerando-se a área útil, através de notas correspondentes ao grau de acamamento, segundo a escala proposta por Bernard et al. (1965). A injúria foi determinada com base na escala para avaliação visual de injúria causada por herbicidas (Frans et al., 1986).

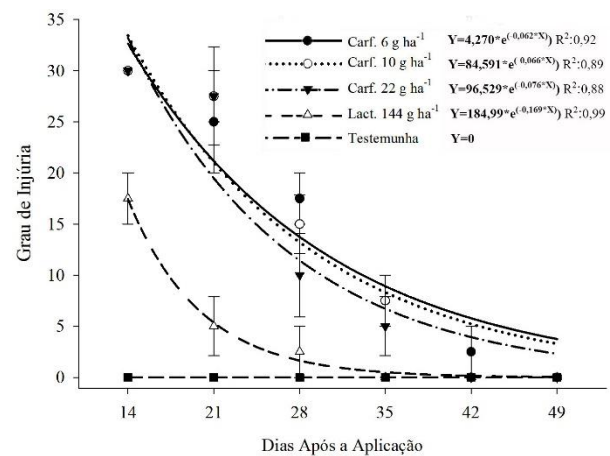
Ao final do experimento, foi realizada a colheita da área útil das parcelas para determinação do rendimento de grãos. Uma amostra de 0,45 m<sup>2</sup> pertencente a esta área útil foi colhida separadamente, para obtenção do número de plantas m<sup>-2</sup>, número de vagens planta<sup>-1</sup>, número de grãos vagem<sup>-1</sup> e peso de grão. Para a obtenção do rendimento de grãos e da massa de 400 grãos, o teor de umidade foi corrigido para 13%. Para a determinação do rendimento biológico aparente, foram coletadas plantas em amostra de 0,45 m<sup>2</sup> da área útil, por ocasião da colheita. O rendimento biológico aparente foi obtido pelo somatório da massa seca das partes aéreas da planta.

Os dados foram submetidos à análise da variância pelo teste de F, considerando-se 5% de probabilidade de erro (p<0,05). A relação entre as variáveis independente e dependente foi ajustada através de regressões não lineares, com auxílio do programa Sigmaplot 10.0. As médias das variáveis número de plantas m<sup>-2</sup>, número de vagens planta<sup>-1</sup>, número de grãos vagem<sup>-1</sup>, massa de 400 grãos e rendimento de grãos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para análise de correlação linear de Pearson entre as variáveis altura, injúria e acamamento foram utilizadas as médias de cada repetição das épocas de avaliação. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio dos

aplicativos Genes (Cruz, 2006) e Winstat (Machado e Conceição, 2005), e a confecção dos gráficos com auxílio do aplicativo Sigmaplot 10.0.

## Resultados e Discussão

Para a variável injúria, houve interação entre herbicidas e época de avaliação. Não foram constatadas diferenças estatísticas entre os tratamentos com carfentrazone em todas as épocas avaliadas (Figura 1). Na avaliação aos 14 DAA, os tratamentos com carfentrazone (6, 10 e 22 g ha<sup>-1</sup> de i.a.) resultaram nos maiores valores de injúria às plantas de soja, próximos a 30%.



**Figura 1.** Injúria em plantas de soja, cultivar CD 214 RR, em função dos tratamentos com carfentrazone nas concentrações de 6, 10 e 22 g ha<sup>-1</sup>, lactofen na concentração de 144 g ha<sup>-1</sup> e testemunha sem aplicação, em função da época de avaliação, durante a safra 2007/2008. A barra vertical representa o erro padrão da média (p<0,05). UTFPR, Campus Pato Branco.

O herbicida lactofen provocou menores percentuais de injúria do que carfentrazone e atingiu o máximo de 18% aos 14 DAA. Esses resultados discordam dos obtidos em avaliação de associações de glyphosate + lactofen (360+120 g ha<sup>-1</sup> de i.a.) e glyphosate + carfentrazone (360+4 g ha<sup>-1</sup> de i.a.), em que a toxicidade à soja aos 28 DAA foi inferior na segunda associação (Maciel et al., 2008), porém



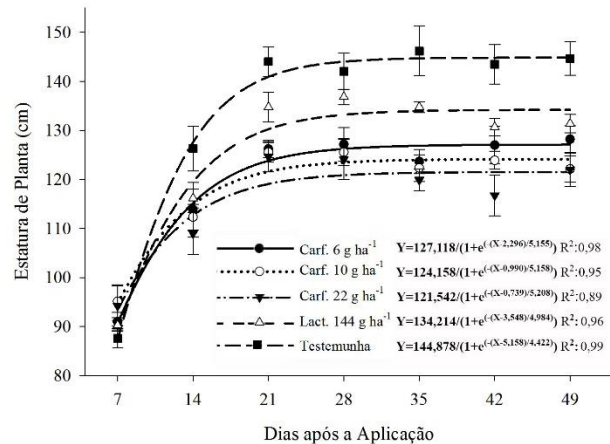
a dose de carfentrazone foi inferior à utilizada no presente experimento. A recuperação total da injúria ocorreu aproximadamente aos 28 DAA para o lactofen e após 42 DAA para os tratamentos com carfentrazone (Figura 1).

A aplicação de lactofen em soja, em doses superiores às utilizadas no presente experimento (220 e 440 g ha<sup>-1</sup> de i.a.), ocasionou injúria de 29 e 34% respectivamente, aos 4 DAA (Wichert e Talbert, 1993). A aplicação de 180 g ha<sup>-1</sup> de lactofen no cultivar M-SOY 8008 RR resultou em 39% de injúria aos 3 DAA, e 28% aos 14 DAA, porém sem redução na produtividade de grãos (Correia et al., 2008). O período para a total recuperação das plantas ocorreu a entre 20 e 27 DAA de lactofen, considerando diferentes doses e cultivares de soja (Wichert e Talbert 1993; Souza et al., 2002; Corrêa e Alves, 2009; Orłowski et al., 2016), semelhante ao observado no presente experimento. A redução na eficiência fotossintética máxima em plantas de soja convencional (não RR) esteve associada aos danos causados por lactofen (Corrêa e Alves, 2010).

O tratamento com lactofen proporcionou redução de 7,3% da altura, na média entre todos os períodos de avaliação, enquanto a maior (22 g ha<sup>-1</sup> de i.a.) e menor (6 g ha<sup>-1</sup> de i.a.) concentração de carfentrazone resultaram em reduções médias de altura de 16,1% e 12,3%, respectivamente (Figura 1). A partir dos 28 DAA não houve mais incremento em altura das plantas, em função do hábito determinado da cultivar.

As maiores injúrias e a maior redução de estatura proporcionadas, de forma geral, pela aplicação de carfentrazone, em comparação ao lactofen (Figuras 1 e 2), podem ser atribuídas a diferenças de seletividade entre as moléculas herbicidas, e também em decorrência das diferenças de estadios de desenvolvimento da soja no momento da aplicação, visto que o carfentrazone foi aplicado no estágio fenológico V<sub>5</sub> e o lactofen no estágio V<sub>7</sub>. A aplicação mais tardia do herbicida, permite que a cultura tenha maior capacidade de metabolização do

herbicida, associada à diferenciação morfológica das plantas, como espessura da cutícula e aumento do índice de área foliar (Petter et al., 2011).

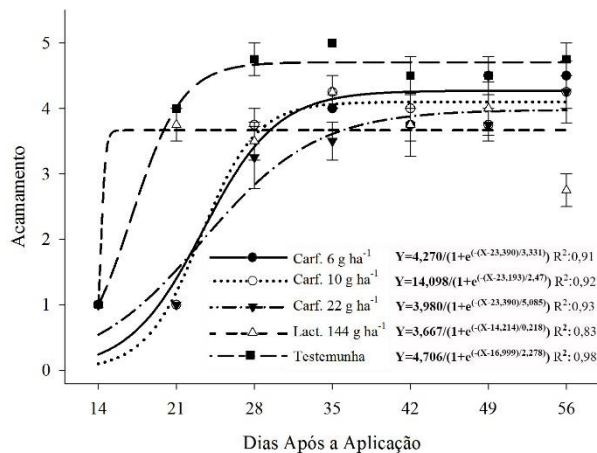


**Figura 2.** Altura de plantas de soja, cultivar CD 214 RR, pela ação dos tratamentos com carfentrazone nas concentrações de 6, 10 e 22 g ha<sup>-1</sup>, lactofen na concentração de 144 g ha<sup>-1</sup> e testemunha, em função da época de avaliação, durante a safra 2007/2008. A barra vertical representa o erro padrão da média (p<0,05). UTFPR, Campus Pato Branco.

Redução do crescimento de plantas de soja semelhantes às observadas no presente experimento após a aplicação de lactofen foram constatadas por vários autores empregando doses variáveis do herbicida. Doses de 288 e 384 g ha<sup>-1</sup> de i.a. provocaram redução de 8,5 e 13%, respectivamente, na altura de planta em relação à testemunha capinada (Espinosa et al., 1995; Souza et al., 2002). A aplicação da mistura de glyphosate + lactofen (960+72 g ha<sup>-1</sup> de i.a.) no estágio V<sub>2</sub>-V<sub>3</sub> da cultivar de soja CD 214 RR, promoveu redução de 6% e 14% na altura de plantas aos 15 e 90 DAA, respectivamente, quando comparada a aplicação isolada de glyphosate (Alonso et al., 2011).

Reduções de acamamento de plantas de soja em relação à testemunha, em decorrência da aplicação de inibidores da PROTOX, foram constatadas aos 21, 28, 35 e 42 DAA (Figura 3). Ou seja, em termos gerais, os tratamentos

herbicidas foram mais eficazes em reduzir o acamamento do início do florescimento até os estádios iniciais de desenvolvimento das sementes.



**Figura 3.** Acamamento (escala de Bernard et al., 1965) em plantas de soja, cultivar CD 214 RR, pela ação dos tratamentos com carfentrazone nas concentrações de 6, 10 e 22 g ha<sup>-1</sup>, lactofen na concentração de 144 g ha<sup>-1</sup> e testemunha, em função da época de avaliação, durante a safra 2007/2008. A barra vertical representa o erro padrão da média (p<0,05). UTFPR, Campus Pato Branco.

Diferenças significativas entre inibidores da PROTOX foram constatadas aos 21 DAA, momento em que todas as doses de carfentrazone reduziram significativamente o acamamento em relação ao lactofen. Aos 35 DAA, o tratamento com carfentrazone (22 g ha<sup>-1</sup> de i.a.) mostrou-se mais eficiente em relação aos demais. Porém, aos 56 DAA, o tratamento com lactofen (144 g ha<sup>-1</sup> de i.a.), foi o que promoveu a maior redução de acamamento em relação aos demais tratamentos (Figura 3). Com exceção do lactofen (144 g ha<sup>-1</sup> de i.a.), todos os demais tratamentos não foram eficazes no controle do acamamento aos 56 DAA, comparativamente à testemunha.

Não houve mortalidade de plantas de soja devido à aplicação de nenhum dos tratamentos (Tabela 1), na avaliação efetuada antes da colheita. Os tratamentos também não

diferiram significativamente quanto ao número de vagens por planta, número de grãos por vagem, massa de 400 grãos e rendimento biológico aparente (Tabela 1).

Os rendimentos de grãos resultantes da aplicação de lactofen (144 g ha<sup>-1</sup> de i.a.) e carfentrazone em todas as concentrações avaliadas (6, 10 e 22 g ha<sup>-1</sup> de i.a.), não diferiram da testemunha (Tabela 1). Porém, o tratamento com lactofen apresentou rendimento de grãos significativamente superior aos tratamentos com carfentrazone (Tabela 1). A hipótese mais provável para explicar as diferenças de produtividade entre o tratamento com lactofen e os com carfentrazone é que os níveis de injúria superiores às plantas de soja nos tratamentos com carfentrazone, em relação à lactofen, se refletiram em decréscimo no rendimento de grãos.

Além da menor injúria inicial, é importante destacar também que a recuperação total da injúria no tratamento com lactofen foi mais rápida (28 DAA) enquanto que nos tratamentos com carfentrazone as plantas apresentaram recuperação completa somente aos 42 DAA. A existência de correlação negativa significativa entre injúria e rendimento de grãos (-0,60) (Tabela 2) corrobora com a hipótese referida acima.

Plantas tratadas com lactofen apresentaram redução significativa da altura e menor acamamento, em relação à testemunha (Figuras 2 e 3, respectivamente). A redução no rendimento e qualidade dos grãos é maior quanto mais precocemente ocorre o acamamento, pois o mesmo afeta a estrutura morfológica essencial para o uso eficiente de carboidratos e sua translocação para os grãos (Zanatta e Oerlecke, 1991). Porém, níveis de acamamento inferiores proporcionados por lactofen em relação à carfentrazone só foram detectados aos 56 DAA, quando as plantas de soja já estavam iniciando a desfolha e, portanto, não poderiam explicar a superioridade do rendimento de grãos do tratamento com lactofen, em relação àqueles com carfentrazone.

**Tabela 1.** Componentes do rendimento, rendimento biológico (RBA) aparente e rendimento de grãos de soja, cultivar CD 214 RR, em função da aplicação de inibidores da PROTOX. UTFPR, Campus Pato Branco.

Tratamentos (g ha <sup>-1</sup> )	Plantas (n° m <sup>-2</sup> )	N° vagem pl <sup>-2</sup>	N° grãos vagem <sup>-2</sup>	Peso 400 grãos (g)	RBA (g m <sup>-2</sup> )	Rendimento (kg ha <sup>-1</sup> )
Testemunha	33,9	66,5	1,34	45,7	643,2	2111,0 ab
Lactofen (144)	38,7	42,4	1,57	44,2	592,2	2209,6 a
Carfentrazone (6)	29,8	60,0	1,43	42,5	527,7	2012,5 b
Carfentrazone (10)	32,8	56,4	1,41	43,6	580,7	1871,9 b
Carfentrazone (22)	32,2	54,4	1,35	44,9	542,1	1862,9 b
Média	33,5	49,4	1,42	44,2	577,2	2034,5
CV (%)	10,3	17,6	5,22	5,1	14,2	2,9
DMS	16,3 <sup>ns</sup>	14,6 <sup>ns</sup>	0,34 <sup>ns</sup>	5,07 <sup>ns</sup>	184,7 <sup>ns</sup>	294,4*

<sup>ns</sup>. Não significativo pelo teste F. \* Médias com mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (p<0,05).

Existem divergências na literatura sobre a relação de causa/efeito entre injúria a soja causada pela aplicação de inibidores da PROTOX e redução de rendimento de grãos. A aplicação de lactofen (220 e 440 g ha<sup>-1</sup> de i.a.) em plantas de soja reduziu em 20% a massa verde e em 30% a área foliar total de plantas tratadas, e mesmo assim não houve efeito sobre o rendimento de grãos de soja (Wichert e Talbert, 1993). Também, a aplicação de

acifluorfen-Na, fomesafen e lactofen em doses até 20% superiores as máximas recomendadas não afetaram o rendimento de grãos de soja (Mengarda e Fleck, 1989). Entretanto, a aplicação da mistura de glyphosate + lactofen (960+72 g ha<sup>-1</sup> de i.a.) no estágio V<sub>2</sub>-V<sub>3</sub> da cultivar de soja CD 214 RR, promoveu a redução de 13,5% na produtividade da cultura quando comparada a aplicação isolada de glyphosate (Alonso et al., 2011).

**Tabela 2.** Coeficiente de correlação de Pearson entre as variáveis resposta acamamento de plantas (AC), altura de plantas (ALT), injúria (INJ), número de plantas m<sup>-2</sup> (NPM), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (GV), massa de 400 grãos (PG), rendimento biológico aparente (RBA) e rendimento de grãos (REND), em função dos tratamentos com inibidores da PROTOX. UTFPR, Campus Pato Branco.

	ALT	AC	INJ	NPM	NVP	GV	PG	RBA
AC	0,67**							
INJ	-0,73**	0,65**						
NPM	0,27	-0,05	-0,14					
NVP	-0,19	0,16	-0,09	-0,70**				
GV	0,11	0,03	-0,01	0,21	-0,45*			
PG	0,34	0,30	-0,31	0,42	-0,21	-0,26		
RBA	0,55*	0,32	-0,35	0,50*	-0,05	-0,01	0,29	
REND.	0,56*	0,19	-0,60**	0,30	-0,11	0,32	0,08	0,21

\*, \*\* Significativo a 5% e a 1% de probabilidade de erro pelo teste t, respectivamente.

Correlação significativa (0,67) entre altura de planta e acamamento foi verificada (Tabela 2), o que indica que a redução da altura pelos inibidores da PROTOX (Figura 2 e Tabela 2) pode ter auxiliado no controle do acamamento, visto que plantas de tamanho menor, estão menos sujeitas a acamarem. O acamamento pode trazer sérios prejuízos à

produção, especialmente na colheita mecanizada (Cato e Castro, 2006; Silva, 2008; Buzzello et al., 2013). Houve correlação negativa significativa entre injúria e altura (-0,73) e entre injúria e acamamento (-0,65), indicando possível participação da injúria na redução do acamamento. Os índices de correlação apresentados evidenciam que a

redução do acamamento ocorre em função da redução da altura de planta e pelo efeito da injúria. Esse fato é observado principalmente nos tratamentos com carfentrazone (6, 10 e 22 g ha<sup>-1</sup> de i.a.) que provocaram maior injúria (Figura 1) e maior redução da altura, em todas as épocas de avaliação, em relação à testemunha (Figura 2).

Por outro lado, as correlações significativas entre altura e rendimento biológico aparente (0,55) e altura e rendimento de grãos (0,56) indicam que a menor estatura das plantas observada nos tratamentos com carfentrazone, que por sua vez foi ocasionada pela injúria, resultou em menor rendimento biológico nestes tratamentos, devido a menor capacidade das plantas de assimilar carbono. Isso pode explicar o menor rendimento de grãos dos tratamentos com carfentrazone em relação ao tratamento com lactofen.

## Conclusões

Os herbicidas lactofen e carfentrazone são capazes de reduzir a altura de plantas de soja, e, conseqüentemente, promover a redução do seu acamamento.

De uma forma geral, nas concentrações testadas, o herbicida carfentrazone foi mais fitotóxico e mais eficaz em reduzir a altura de plantas de soja que o lactofen.

A aplicação do herbicida lactofen resultou em rendimento de grãos de soja mais elevados do que a aplicação do herbicida carfentrazone, em suas diferentes concentrações.

## Referências

- Alonso, D.G.; Constantin, J.; Oliveira Jr, R.S.; Arantes, J.G.Z.; Cavalieri, S.D.; Santos, G.; et al. Selectivity of glyphosate tank mixtures for RR soybean. **Planta Daninha**, v.29, n.4, p.929-937, 2011.
- Bernard, R.L.; Chamberlain, D.W.; Lawrence, R.D. **Results of the cooperative uniform soybean tests**. Washington: USDA, 1965.
- Berti, M.; Zagonel, J.; Fernandes, E.C. Produtividade de cultivares de trigo em função do trinexapacethyl e doses de nitrogênio. **Scientia Agraria**, v.8, n.2, p.127-134, 2007.
- Buzzello, G.L.; Trezzi, M.M.; Marchese, J.A.; Xavier, E.; Miotto Junior, J.E.; Patel, F.; Debastiani, F. Action of auxin inhibitors on growth and grain yield of soybean. **Revista Ceres**, v.60, n.5, p.621-628, 2013.
- Cato, S.C.; Castro, P.R.C. Redução da altura de plantas de soja causada pelo ácido 2,3,5-triiodobenzóico. **Ciência Rural**, v.36, n.3, p.981-984, 2006.
- Corrêa, M.J.P.; Alves, P.L.C.A. Efeitos da aplicação de herbicidas sobre a eficiência fotoquímica em plantas de soja convencional e geneticamente modificada. **Ciência e Agrotecnologia**, v.34, n.5, p.1136-1145. 2010.
- Corrêa, M.J.P.; Alves, P.L.C.A. Eficácia de herbicidas aplicados em pós-emergência na cultura da soja convencional e transgênica. **Planta Daninha**, v.27, p.1035-1046, 2009.
- Correia, N. M.; Leite, G. J. Selectivity of the plant growth regulators trinexapac-ethyl and sulfometuronmethyl. **Scientia Agricola**, v.69, n.3, p.194-200, 2012.
- Correia, N.M.; Durigan, J.C.; Leite, G.J. Seletividade da soja transgênica tolerante ao glyphosate e eficácia de controle de *Commelina benghalensis* com herbicidas aplicados isolados e em misturas. **Bragantia**, v.67, n.3, p.663-671, 2008.
- Cruz, C.D. **Programa Genes - Estatística Experimental e Matrizes**. 1ªed. Viçosa: UFV, 2006. v.1. 285p.
- Duke, S.O.; Lydon, J.; Becerril, J.M.; Sherman, T.D.; Lehen Jr., L.P.; Matsumoto, H. Protoporphyrinogen oxidase-inhibiting herbicides. **Weed Science**, v.39, n.3, p.465-473, 1991.
- EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja – Paraná 2006**. Londrina: Embrapa Soja, 2005.



- 208 p. (Sistemas de Produção/ Embrapa Soja, n. 8).
- Espinosa, N.C.; Silva, J.F.; Sedyama, T.; Condé, A.R. Tolerância da soja (*Glycine max* (L.) merrill) ao herbicida lactofen. **Revista Ceres**, v.42, n.239, p.10-24, 1995.
- Frans, R.; Talbot, R.; Marx, D.; Crowley, H. Experimental design and techniques for measuring and analysing plant responses to weed control practices. In: Camper, N.D. **Research Methods in Weed Science**. Champaign: SWSS, 1986. 3ªed. p.29-46.
- Linzmeier Junior, R.; Guimarães, V.F.; Santos, D.D.; Bencke, M.H. Influência de retardante vegetal e densidades de plantas sobre o crescimento, acamamento e produtividade da soja. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.30, n.3, p.373-379, 2008.
- Liu, X.; Jin, J.; Wang, G.; Herbert, S.J. Soybean yield physiology and development of high-yielding practices in Northeast China. **Field Crops Research**, v.105, n.3, p.157-171, 2008.
- Lobato, M.T.V.; Camargo, C.E.O.; Ferreira Filho, A.W.P.; Barros, B.C.; Castro, J.L.; Gallo, P.B. Avaliação de linhagens de trigo provenientes de cruzamentos interespecíficos em dois locais no Estado de São Paulo e em laboratório. **Bragantia**, v.66, n.1, p.31-41, 2007.
- Machado, A.A.; Conceição, A.R. **WinStat: sistema de análise estatística para Windows**. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas. 2005. (Software).
- Maciel, C.D.G.; Poletine, J.P.; Amstalden, S.L.; Gazziero, D.L.P.; Raimondi, M.A.; Lima, G.R.G. Misturas em tanque com glyphosate para o controle de trapoeraba, erva-de-touro e capim-carrapicho em soja RR<sup>®</sup>. **Revista Ceres**, v.58, n.1, p.35-42, 2011.
- Mengarda, I.P.; Fleck, N.G. Atividade de compostos difeniléteres em pós emergência à cultura da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.24, n.1, p.531-541, 1989.
- Nagashima, G.T.; Miglioranza, E.; Marur, C.J.; Yamaoka, R.S.; Silva, J.G.R. Desenvolvimento do algodoeiro em resposta a modo de aplicação e doses de cloreto de mepiquat via sementes. **Ciência Rural**, v.40, n.1, p.7-11, 2010.
- Orlowski, J.M.; Gregg, G.L.; Lee, C.D. Early-season lactofen application has limited effect on soybean branch and mainstem yield components. **Crop Science**, v.56, n.1, p.432-438, 2016.
- Petter, F.A.; Zuffo, A.M.; Pacheco, L.P. Seletividade de herbicidas inibidores de ALS em diferentes estádios de desenvolvimento do arroz de terras altas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.41, n.3, p.408-414, 2011.
- Silva, A.F.; Ferreira, E.A.; Concenço, G.; Ferreira, F. A.; Aspiazú, I.; Galon, L.; et al. Densidades de plantas daninhas e épocas de controle sobre os componentes de produção da soja. **Planta Daninha**, v.26, n.1, p.65-71, 2008.
- Souza, C.A.; Figueiredo, B.P.; Coelho, C.M.M.; Casa, R.T.; Sangoi, L. Arquitetura de plantas e produtividade da soja decorrente do uso de redutores de crescimento. **Bioscience Journal**, v.29, n.3, p.634-643, 2013.
- Souza, R.T.; Constantin, J.; Velini, E.D.; Montorio, G.A.; Maciel, C.D.G. Seletividade de combinações de herbicidas latifolicidas com lactofen para a cultura da soja. **Scientia Agrícola**, v.59, n.1, p.99-106, 2002.
- Wichert, R.A.; Talbert, R.E. Soybean (*Glycine max* L.) response to lactofen. **Weed Science**, v.41, n.1, p.23-27, 1993.
- Zanatta, A.C.A.; Oerlecke, D. Efeito de genes de nanismo sobre alguns caracteres agronômicos e morfológicos de *Triticum aestivum* (L.) Thell. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.26, n.7, p.1001-1016, 1991.