

ATIVIDADE DE SUPERÓXIDO DISMUTASE EM PLANTAS DE SOJA (*Glycine max* L.) CULTIVADAS SOB ESTRESSE OXIDATIVO CAUSADO POR HERBICIDA

Ana Catarina Cataneo¹, Karina Luiz Chamma², Leonardo Cesar Ferreira³, Guilherme Fernando Gomes Déstro², Débora Cristina Ferreira de Sousa⁴

¹Professor Adjunto. Departamento de Química e Bioquímica, Instituto de Biociências/UNESP, Distrito de Rubião Júnior, Botucatu-SP, 18618-000. acataneo@ibb.unesp.br. Tel/Fax (14) 68026255

²Biólogo, Bolsista do CNPq. Instituto de Biociências/UNESP, Botucatu

³Pós-Graduando em Ciências Biológicas, Botânica. Instituto de Biociências/UNESP, Botucatu

⁴Mestre em Ciências Biológicas, Botânica. Instituto de Biociências/UNESP, Botucatu.

RESUMO

Alguns herbicidas freqüentemente utilizados em culturas agrícolas de importância econômica, tais como a soja, causam nos organismos aeróbicos estresse oxidativo, caracterizado pela formação de espécies reativas de oxigênio, como os radicais superóxido (O_2^-). A superóxido dismutase (SOD) é uma enzima que desempenha importante papel na resposta ao estresse oxidativo nas plantas, atuando sobre o radical O_2^- , formando peróxido de hidrogênio e oxigênio molecular. Este trabalho teve como objetivo determinar a atividade da SOD a fim de verificar sua ação na proteção das plantas de soja contra o estresse oxidativo induzido pelo herbicida oxyfluorfen e também o teor de lipoperóxidos formados nas condições do experimento. As doses aplicadas do herbicida foram de 2500, 5000 e 10000 mg/L, através de pulverização na parte aérea das plantas de soja em diferentes estádios de desenvolvimento (16, 23 e 30 dias após a germinação). Amostras da parte aérea foram coletadas às 24, 48 e 72 horas após a aplicação dos tratamentos e utilizadas para as determinações. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4x3 (quatro tratamentos e três estádios de desenvolvimento), com cinco repetições. O oxyfluorfen nas doses de 2500 e 10000 mg/L ocasionou aumento da atividade da SOD nos estádios de 16, 23 e 30 dias, enquanto que o teor de lipoperóxidos aumentou nas plantas submetidas à todas as concentrações. Os resultados confirmam que a SOD tem ação contra o estresse oxidativo induzido pelo oxyfluorfen em plantas de soja.

Palavras-chave: oxyfluorfen, radicais livres, sistema antioxidante.

SUPEROXIDE DISMUTASE ACTIVITY IN SOYBEAN (*Glycine max* L.) PLANTS CULTIVED UNDER OXIDATIVE STRESS CAUSED BY HERBICIDE ABSTRACT

Some herbicides frequently used in economical main crops, such as soybean, cause oxidative stress in aerobical organisms, characterized by formation of oxygen reactive species, like superoxide radicals. Superoxide dismutase (SOD) is an enzyme that plays important role in response to oxidative stress in plants, by acting over superoxide radical, forming hydrogen peroxide and molecular oxygen. The aim of this research was to determine the activity of SOD in order to verify your action to protect soybean plants protection against oxidative stress induced by oxyfluorfen, and also the lipoperoxide

content formed in the experiment conditions. Oxyfluorfen was applied at 2500, 5000 and 10000 mg/L. Soybean plants were sprayed at different development phases (16, 23 and 30 days after germination). Samples of shoot were collected 24, 48 and 72 hours after application. The experimental design used was completely randomized, in factorial arrangement (4x3), with five replications. It was observed that oxyfluorfen at 2500 and 10000 mg/L increased SOD activity, while lipoperoxide content increased in plants submitted with all concentrations. The results showed that SOD has action against oxidative stress induced by oxyfluorfen in soybean plants.

Key words: Antioxidant system, free radicals, oxyfluorfen.

INTRODUÇÃO

Os organismos aeróbicos, quando em condições de estresse, produzem espécies reativas de oxigênio, tais como radicais superóxido ($O_2^{\bullet-}$), radicais hidroxila (OH^{\bullet}) e peróxido de hidrogênio (H_2O_2) durante o metabolismo do oxigênio (Bowler et al., 1992; Scandalios, 1993). As espécies reativas de oxigênio causam uma cascata de reações oxidativas resultando no descoramento (“bleaching”) da clorofila e destruição de membranas (Shaaltiel & Gressel, 1986). O peróxido de hidrogênio, bem como o superóxido, pode facilmente difundir-se através da bicamada de lipídios (Hayakawa et al., 1984) e, deste modo, mover-se do cloroplasto ao citosol. Os organismos aeróbicos desenvolvem sistemas complexos de proteção para competir com estresse oxidativo, consistindo de diversas enzimas, entre elas, a superóxido dismutase (SOD, EC 1.15.1.1).

As superóxido dismutases desempenham papel chave no sistema de defesa antioxidante através da dismutação de $O_2^{\bullet-}$ a H_2O_2 e O_2 . As SODs são metaloenzimas que ocorrem em três diferentes formas moleculares, contendo os metais Mn, Fe ou Cu/Zn como grupos prostéticos (Fridovich, 1986).

Tem sido relatado que o estresse fotooxidativo causado pelo herbicida paraquat modifica intensamente a atividade da SOD e o nível de proteína CuZn-SOD nas folhas (Bowler et al., 1992). Diversos trabalhos mostram correlações entre resistência de plantas a estresse oxidativo e atividade da SOD. Pastori & Trippi (1992) observaram que ocorreu aumento da atividade da superóxido dismutase quando discos foliares de milho foram expostos ao herbicida paraquat na concentração de 1 mmol/L. Por outro lado, em plântulas de trigo, Kraus & Fletcher (1994) observaram que paraquat em concentração mais elevada (2mmol/L) causou diminuição de 50% na atividade da SOD em trigo após 5 horas da aplicação do herbicida. De acordo com Dodge (1971), o sistema antioxidante em plantas parece ser capaz de eliminar o $O_2^{\bullet-}$ gerado pelo paraquat aplicado em concentrações subletais, como foi observado por outros autores (Matters & Scandalios, 1986; Malan *et al.*, 1990).

A peroxidação de lipídios representa a última etapa e a ação física propriamente dita dos herbicidas relacionados direta ou indiretamente à fotossíntese. Aproximadamente 90% da membrana plasmática é composta de ácidos graxos insaturados, principalmente, ácido linolênico e ácido linoléico (Merotto Jr. & Vidal, 2001).

A disponibilidade de radicais livres no interior celular peroxida estes lipídios (LH) através da remoção de um hidrogênio do grupo metil posicionado próximo à insaturação da cadeia pela ação de um radical livre (R^{\bullet}). Esta primeira oxidação origina um radical lipídico peroxidado (L^{\bullet}), o qual reage com outros lipídios da membrana, formando uma reação em cadeia, tendo como produto final etano (Ahrens, 1994; Hess, 2000). Além de

etano, os produtos finais da degradação da membrana por radicais livres também podem ser pentano e malonil dialdeído, entre outros (Merotto Jr. & Vidal, 2001).

O oxyfluorfen é utilizado para o controle de plantas daninhas de folha larga e algumas gramíneas, sendo o espectro de controle de plantas daninhas relativamente grande. Pertencente à classe dos difenil-éters, este herbicida nas plantas inibe a protoporfirinogênio oxidase (PROTOX ou PPO), enzima atuante na rota de síntese da clorofila e de citocromos (Hess, 2000; Merotto Jr. & Vidal, 2001). Deste modo, o protoporfirinogênio IX pode ser difundido para fora do cloroplasto e se transformar em protoporfirina IX, que na presença de oxigênio é oxidado, formando radicais livres que causam a peroxidação de lipídios com conseqüente dano na membrana plasmática.

O objetivo do presente trabalho foi determinar a atividade da enzima superóxido dismutase (SOD, EC 1.15.1.1) em plantas de soja submetidas a estresse oxidativo induzido pelo herbicida oxyfluorfen, a diferentes doses, em três estádios de desenvolvimento, bem como as alterações nos teores de lipoperóxidos (um indicador de prevalência de dano oxidativo nos tecidos), produzidos nestas condições.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação situada no Departamento de Química e Bioquímica, no Instituto de Biociências, UNESP, Câmpus de Botucatu.

As sementes de soja foram semeadas numa profundidade de 1,5 cm em vasos plásticos, contendo terra e mantidas em casa de vegetação durante todo o experimento. Os vasos foram irrigados quando necessário.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4x4 (quatro tratamentos e quatro estádios de desenvolvimento), com cinco repetições.

Foram montados 80 vasos, divididos em quatro grupos (G1, G2, G3 e G4). As semeaduras dos grupos foram realizadas com intervalos de sete dias umas das outras, ou seja, no momento da aplicação dos tratamentos foram utilizadas plântulas de 9, 16, 23 e 30 dias após a germinação. Portanto, cada grupo correspondeu a um estádio de desenvolvimento das plântulas. Cada vaso continha ao redor de vinte plântulas.

As plântulas nos diferentes estádios de desenvolvimento foram tratadas com diferentes concentrações do herbicida oxyfluorfen - Goal® (2500, 5000 e 10000 mg/L). As plantas consideradas como testemunhas foram pulverizadas com água. Os tratamentos foram aplicados com pulverizador costal de pressão constante, propelido à CO₂, com pressão constante de 39 lb/pol², pontas D6 110.02, velocidade de 4.2 Km/h e volume de 200 l/ha.

As amostras da parte aérea das plântulas tratadas e testemunhas foram coletadas às 24, 48 e 72 horas após a aplicação dos tratamentos e em seguida agrupadas, constituindo-se um total de cinco repetições. Após serem lavadas com água destilada, foram secas superficialmente com papel de filtro, pesadas, embaladas em sacos plásticos, envolvidas em papel alumínio, congeladas em nitrogênio líquido e imediatamente armazenadas em freezer a -80°C, para as posteriores determinações da atividade da superóxido dismutase e do teor de lipoperóxidos.

A extração enzimática da superóxido dismutase foi realizada de acordo com o método descrito por Zhang & Kirkham (1994). Amostras da parte aérea das plantas (1 g de

peso fresco) foram homogeneizadas em almofariz gelado com uma pequena quantidade de areia, em 8 ml de tampão fosfato de sódio 0,05 mol/L pH 7,0 gelado. Os homogenatos foram centrifugados a 4⁰C durante 20 minutos a 15000g e o sobrenadante foi coletado e armazenado a -20⁰C para posterior análise da atividade enzimática e concentração de lipoperóxidos (malondialdeído).

A atividade da superóxido dismutase foi determinada de acordo com o método de Giannopolitis & Ries (1977), tendo como base a capacidade da enzima em inibir a redução do NBT (nitroblue tetrazolium) por radicais superóxido. Foi utilizado nas determinações o tampão carbonato de sódio 0,5 mol/L pH 10,2. A redução do tetrazólio foi determinada através de leituras em espectrofotômetro no comprimento de onda de 560 nm. A quantidade de proteína solúvel do extrato enzimático foi estimado pelo método de Lowry et al. (1951). Uma unidade enzimática (U) da atividade da superóxido dismutase foi definida como a quantidade de enzima necessária para causar 50% da inibição da razão de redução de Nitroblue tetrazolium medida no comprimento de onda de 560 nm.

A hidroxilamina utilizada na determinação da atividade da SOD gera fluxo de O₂⁻ que converte o “Nitroblue tetrazolium” em “Blue- formazana”, em temperatura ambiente. Portanto, a velocidade da redução do “Nitroblue tetrazolium” na ausência do extrato enzimático foi utilizado como padrão. Quando o extrato enzimático foi adicionado a velocidade de redução do “Nitroblue tetrazolium” foi inibida conforme a porcentagem de superóxido dismutase presente no meio.

O conteúdo de proteína extraível no tampão utilizado na extração da superóxido dismutase foi estimado pelo método de Lowry et al. (1951), que utiliza o reagente de fenol Seg. Folin-Ciocalteu. Foi utilizado albumina sérica bovina (BSA) como proteína padrão. As leituras de absorbância foram realizadas em espectrofotômetro no comprimento de onda de 660 nm.

A concentração de lipoperóxidos foi determinada pela técnica do ácido tiobarbitúrico (TBA) de acordo com Satoh (1978), utilizando-se o mesmo extrato enzimático da SOD (Zhang & Kirkham, 1994). A amostra reage com ácido tiobarbitúrico em temperatura elevada (90⁰C). O malondialdeído (MDA) liberado em pH baixo e temperatura elevada reage com o TBA, formando um complexo. Este complexo formado por duas moléculas de TBA e uma de MDA (TBA₂-MDA) foi extraído em 4,0 ml de butanol e separado por centrifugação a 3000g, apresentando cor rósea de absorção máxima a 532 nm (Percario et al., 1993).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância por meio do teste F e para o teste de Tukey foi adotado o nível de significância igual a 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A atividade da superóxido dismutase e o teor de lipoperóxidos não foram determinados nas plântulas de soja no estágio de desenvolvimento de 9 dias após a germinação, pelo fato da ocorrência de extensa necrose nas folhas, seguida de morte das plantas. Este fato foi observado em todas as concentrações de oxyfluorfen utilizadas. Isto pode ser explicado pelo fato de que a absorção do oxyfluorfen ocorre através das folhas e raízes, sendo que a absorção foliar é favorecida por situações que resultem em menor espessura da cutícula, como por exemplo, folhas jovens e localizadas na parte inferior da planta, onde é menor a luminosidade incidente na mesma.

Na Tabela 1 estão apresentados as médias e seus respectivos desvios padrão da atividade da superóxido dismutase em plantas de soja nos vários estádios de desenvolvimento, tratadas com diferentes concentrações de oxyfluorfen, bem como a análise de variância dos resultados. Podemos observar na Tabela 1 e Figura 1 que o oxyfluorfen nas concentrações de 2500 e 10000 mg/L ocasionou aumento da atividade da superóxido dismutase nas plantas nos três estádios de desenvolvimento analisados.

O oxyfluorfen é um herbicida cujo mecanismo de ação é o acúmulo de tetrapirrólicos fotodinâmicos, que produzem espécies reativas de oxigênio, como por exemplo, o radical superóxido, $O_2^{\cdot-}$, com conseqüente indução de estresse oxidativo nas plantas (Halliwell, 1987; Matringe & Scalla, 1988). A fim de combater o estresse oxidativo, as plantas desenvolvem defesas, através do aumento da atividade de enzimas antioxidantes, como a superóxido dismutase, para limitar a peroxidação de lipídios produzida pelos radicais superóxido.

A SOD tem sido extensivamente investigada por sua atividade ser induzida sob condições de estresse oxidativo, como uma resposta para metabolizar os radicais superóxido produzidos. Casano et al. (1994) observaram aumento na atividade da SOD na parte aérea de cevada tratada com concentrações elevadas do herbicida paraquat. Nossos resultados são concordantes com os observados por estes autores, pois a atividade da SOD também se elevou em concentrações elevadas de oxyfluorfen.

Dayan et al. (1997) observaram que em soja a metabolização de carfentrazone-ethyl (um herbicida da classe dos inibidores da PROTOX), já ocorreu no período de 24 horas após sua aplicação. Foi constatado pelos pesquisadores que apesar de ocorrer 73% da metabolização do herbicida, houve a produção de radicais tóxicos em níveis letais e especula-se que além da metabolização, a presença de altos níveis de antioxidantes e de enzimas desintoxicadoras também sejam responsáveis pela seletividade em soja.

De acordo com Merotto Jr. & Vidal (2001), a seletividade ao oxyfluorfen pode ser explicada através da degradação diferencial do herbicida. A metabolização é o mecanismo mais importante da seletividade do oxyfluorfen.

No presente trabalho, os teores de lipoperóxidos foram mais elevados nas plantas de soja tratadas com oxyfluorfen, em comparação com as plantas controle (Tabela 2 e Figura 2) em todos os estádios de desenvolvimento analisados das plantas (16, 23 e 30 dias após a germinação). Os maiores teores de lipoperóxidos foram observados na maior concentração de oxyfluorfen (10000 mg/L) nos estádios de desenvolvimento de 16 e 23 dias após a germinação). No trabalho realizado por Choi et al. (1999) também foi detectado aumentos dos teores de lipoperóxidos em discos foliares de trigo e cevada expostos à concentrações de 0,33 μ M de oxyflurfen, sendo os maiores valores encontrados em cevada.

Tendo em vista os resultados apresentados neste trabalho, pode-se considerar que mesmo ocorrendo a formação de lipoperóxidos em conseqüência do tratamento com o oxyfluorfen este foi, em parte, seletivo para a cultura de soja, provavelmente pela ação protetora da enzima antioxidante superóxido dismutase.

Duas evidências estão sedimentadas em relação ao efeito dos herbicidas inibidores de PROTOX na peroxidação de lipídios (Hess, 2000). A primeira relaciona-se à produção de gases hidrocarbonetos de cadeia curta (por exemplo etano) e a segunda é a presença de precursores de malondialdeído (MDA). Ambos os compostos, resultantes da ação do herbicida, são conhecidos como resultado da degradação de membranas celulares. Esses indicadores podem ser utilizados para previsão dos efeitos dos herbicidas inibidores de PROTOX, mesmo antes da sintomatologia visual ser evidenciada e pode ser objeto de estudos futuros.

CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos, pode-se concluir que a superóxido dismutase protege as plântulas de soja contra o estresse oxidativo induzido pelo herbicida oxyfluorfen.

LITERATURA CITADA

- AHRENS, W.H. **Herbicide handbook**. 7 ed. Champaign: WSSA, 1994. 352p.
- BOWLER, C.; VAN MONTAGU, M.; INZÉ, D. Superoxide dismutase and stress tolerance. **Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.**, v.43, p.83-116, 1992.
- CHOI, J.S.; LEE, H.J.; HWANG, I.T. et al. Differential susceptibilities of wheat and barley to diphenyl ether herbicide oxyfluorfen. **Pestic. Biochem. Physiol.**, v.65, p.62-72, 1999.
- DAYAN, E.D.; DUKE, S.O.; WEETE, J.D. et al. Selectivity and mode of action of carfentrazone – ethyl, a novel phenyl triazolinone herbicide. **Pest. Sci.**, v.57, p.65-73, 1997.
- DODGE, A.D. The mode of action of bipyridylium herbicides, paraquat and diquat. **Endeavour**, v.30, p.130-5, 1971.
- FRIDOVICH, I. Superoxide dismutases. In: *Advances in enzymology and related areas of molecular biology*. v.58, 1986, p.61-97.
- GIANNOPOLITIS, C.N.; RIES, S.K. Superoxide dismutases. I. Occurrence in higher plants. **Plant Physiol.**, v.59, p.309-14, 1977.
- HALLIWELL, B. Oxidative damage, lipid peroxidation and antioxidant protection in chloroplasts. **Chem. Phys. Lipids**, v.44, p.327-40, 1987.
- HAYAKAWA, T.; KANEMATSU, S.; ASADA, K. Occurrence of Cu-Zn-superoxide dismutase in the intrathylakoid space of spinach chloroplasts. **Plant Cell Physiol.**, v.25, p.883-9, 1984.
- HESS, F.D. Review Light – dependent herbicides: an overview. **Weed Sci.**, v.48, n.2, p.160-70, 2000.
- KRAUS, T.E.; FLETCHER, A. Paclobutrazol protects wheat seedling from heat and paraquat injury. Is detoxification of active oxygen involved? **Plant Cell Physiol.**, v.35, p.45-52, 1994.
- LOWRY, O.H.; ROSEBROUGH, N.J.; FARR, A.L et al. Protein measurement with Folin-phenol reagent. **J. Biol. Chem.**, v.193, p.265-75, 1951.

- MALAN, C.; GREYLING, M.M.; GRESSEL, J. Correlation between Cu-Zn Superoxide dismutase and Glutathione reductase, and environmental and xenobiotic stress tolerance in maize inbred **Plant Sci.**, v.69, p.157-66, 1990.
- MATTERS, G.L.; SCANDALIOS, J.G. Effect of free radical-generating herbicide paraquat on the expression of the superoxide dismutase (SOD) genes in maize. **Biochem. Biophys. Acta**, v.882, p.29-38, 1986.
- MEROTTO Jr., A.; VIDAL, R.A. Herbicidas inibidores de PROTOX. In: Vidal, R.A., Merotto Jr., A. **Herbicidologia**. Porto Alegre, 2001. cap. 8, p.69-86, 2001.
- PASTORI, G.M.; TRIPPI, V.S. oxidative stress induces high rate of glutathione reductase synthesis in a drought-resistant maize strain. **Plant Cell Physiol.**, v.33, p.957-61, 1992.
- PERCARIO, S.; CAMARGO, C.; FELIPPE Jr, J. Avaliação dos radicais livres pela dosagem da peroxidação lipídica: padronização da técnica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CLÍNICA MÉDICA, II. São Paulo, 1993. **Resumos...** São Paulo: 1993. 116p.
- SATOH, K. Serum lipid peroxide in cerebrovascular disorders determined by a new colorimetric method. **Clin. Chim. Acta**, v.90, p.37-43, 1978.
- SCANDALIOS, J.G. Response of plant antioxidant defense genes to environmental stress. **Adv. Genet.**, v.28, p.1-40, 1990.
- SCANDALIOS, J.G. Oxygen stress and superoxide dismutases. **Plant Physiol.**, v.101, p.7-12, 1993.
- SHAALTIEL, Y.; GRESSEL, J. Multienzyme oxygen radical detoxifying system correlated with paraquat resistance in *Coryza bonariensis*. **Pestic. Biochem. Physiol.**, v.26, p.22-8, 1986.
- ZHANG, J.; KIRKHAM, M.B. Drought-stress-induced changes in activities of superoxide dismutase, catalase, and peroxidase in wheat species. **Plant Cell Physiol.**, v.35, n.5, p.785-91, 1994.

Tabela 1: Atividade da Superóxido dismutase (U/μg proteína) na parte aérea de plantas de soja em diferentes estádios de desenvolvimento (dias após a germinação) tratadas com concentrações crescentes do herbicida oxyfluorfen

Concentrações de oxyfluorfen (mg/L)	Estádios de desenvolvimento (dias)		
	16	23	30
0	1813,8 ± 350,3 B ¹	1361,1 ± 285,6 C	2295,0 ± 280,2 B
2500	2757,4 ± 98,4 A	4531,2 ± 209,5 A	3060,0 ± 281,0 A
5000	1897,6 ± 228,7 B	1069,1 ± 86,7 C	1613,2 ± 212,0 C
10000	3029,7 ± 397,1A	2945,4 ± 411,1B	3306,6 ± 244,8A
MDS	529,86	497,64	463,83
CV%	12,32	11,09	9,97
F	21,77	169,26	45,08
α	0,0001	0,0001	0,0001

1. Médias seguidas de mesma letra (na vertical) não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey, no nível de 5% de probabilidade.
Os valores indicam as médias ± desvio padrão de cinco repetições.

Figura 1. Atividade da Superóxido dismutase (U/μg proteína) na parte aérea de plantas de soja em diferentes estádios de desenvolvimento (dias após a germinação) tratadas com concentrações crescentes do herbicida oxyfluorfen

Tabela 2: Teores de lipoperóxidos (nmol/g de tecido fresco) na parte aérea de plantas de soja em diferentes estádios de desenvolvimento (dias após a

germinação) tratadas com concentrações crescentes do herbicida oxyfluorfen

Concentrações de oxyfluorfen (mg/L)	Estádios de desenvolvimento (dias)		
	16	23	30
0	1,694 ± 0,116 D ¹	2,746 ± 0,207 C	2,602 ± 0,081 C
2500	3,677 ± 0,195 B	4,052 ± 0,095 B	4,137 ± 0,167 A
5000	3,347 ± 0,117 C	4,201 ± 0,345 B	3,815 ± 0,132 AB
10000	4,305 ± 0,140 A	5,458 ± 0,323 A	3,621 ± 0,388 B
MDS	0,261	0,476	0,407
CV%	4,43	6,39	6,35
F	299,53	82,84	43,58
α	0,0001	0,0001	0,0001

1. Médias seguidas de mesma letra (na vertical) não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey, no nível de 5% de probabilidade.

Os valores indicam as médias ± desvio padrão de cinco repetições.

Figura 2. Lipoperóxidos (nmol/g de tecido fresco) na parte aérea de plantas de soja em diferentes estádios de desenvolvimento (dias após a germinação) tratadas com concentrações crescentes do herbicida oxyfluorfen.