

CURVA DE RESPOSTA DE *Commelina benghalensis* AOS HERBICIDAS INIBIDORES DA ENZIMA EPSPS

VITOR SPADER *
RIBAS A. VIDAL **

A população de *Commelina benghalensis* está aumentando, principalmente em lavouras conduzidas no sistema de plantio direto e em pomares. Espera-se que isto ocorra devido à baixa suscetibilidade desta espécie aos herbicidas inibidores da enzima enol-piruvil-shiquimato-fosfato sintase (EPSPS), os quais são utilizados para o controle de plantas daninhas. Este estudo foi desenvolvido com o objetivo de caracterizar a curva de resposta de *Commelina benghalensis* a diferentes doses dos inibidores de EPSPS e identificar possíveis causas da tolerância desta espécie aos herbicidas deste grupo. Os tratamentos foram: Glyphosate e Sulfosate nas doses de 0, 720, 1440, 2160 e 2880 (g ha⁻¹). Mudanças de *Commelina benghalensis*, obtidas do entrelaçamento de caules, foram plantadas em vasos com 1 kg de solo e tratadas com os herbicidas 20 dias após o plantio. No segundo experimento, com as mesmas doses acima, acrescentou-se tratamento com aplicação sequencial (720 + 720), cuja segunda aplicação foi realizada 15 dias após a primeira. Avaliou-se o controle, crescimento, área foliar e a produção de matéria seca das plantas aos 35 dias após o tratamento. Os dois herbicidas testados apresentaram efeitos semelhantes sobre as plantas de *Commelina benghalensis*, com controle variando de 10 a 75%. Os melhores índices de controle foram obtidos com o tratamento sequencial nas doses de 720 + 720 g ha⁻¹, e com os tratamentos com dose única de 2160 e 2880 g ha⁻¹. As causas mais prováveis para o baixo controle foram: absorção reduzida dos herbicidas pelas plantas e dificuldade para translocação dos herbicidas até os locais de ação.

* Engº. Agrº, Estudante do Curso de Mestrado em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

** Engº. Agrº, Ph.D., Professor do Departamento de Plantas de Lavoura, Faculdade de Agronomia, UFRGS, Pesquisador do CNPq, (e-mail: vda@l11.it.ufrgs.br).

1 INTRODUÇÃO

A trapoeraba (*Commelina benghalensis*) está incluída entre as piores espécies de plantas daninhas do mundo. Esta espécie é originária do sul e sudeste asiático (KISSMANN, 1991) e ocorre com frequência no Brasil. Propaga-se por sementes e de forma vegetativa pelo enraizamento dos caules. As sementes são produzidas na parte aérea e em flores modificadas subterrâneas presentes nos rizomas, por partenocarpia (KISSMANN, 1991).

A população de *C. benghalensis* tem aumentado, principalmente em lavouras conduzidas no sistema de plantio direto (RODRIGUES et al., 1995) e em pomares (RAMOS & DURIGAN, 1996). Especula-se que isto ocorra devido à baixa translocação dos herbicidas inibidores da enzima enol-piruvil-shiquimato-fosfato sintase (EPSPS), nesta espécie. De fato, a aplicação de herbicidas inibidores de EPSPS, nas doses recomendadas apresenta tolerância aos herbicidas deste grupo (LORENZI, 1986; DURIGAN et al., 1988; VIDAL & SPADER, 1999).

No Brasil, os inibidores de EPSPS são representados pelos herbicidas Glyphosate e Sulfosate. Esses compostos são utilizados normalmente, para o controle não seletivo da vegetação antes da semeadura das culturas no sistema de plantio direto (VIDAL, 1997). Tratamentos com Glyphosate + 2,4-D aminas em diferentes doses proporcionaram melhor controle de plantas de *C. benghalensis* e *C. virginica* do que os tratamentos com Glyphosate e 2,4-D isolados (TOLLEUVEY et al., 1979; GALLI, 1991; RAMOS & DURIGAN, 1996). Contudo, não há na literatura trabalhos avaliando o efeito de doses dos inibidores de EPSPS sobre a *C. benghalensis*.

Durante períodos em que o processo fotossintético é elevado, as plantas armazenam fotoassimilados temporariamente, na forma de amido, nos cloroplastos. Quando ocorre eventual redução da fotossíntese e, durante a noite, este amido é transformado em sacarose e transportado via floema até os tecidos de armazenamento de reserva (SALISBURY & ROSS, 1991). A ação fitotóxica de alguns herbicidas pode afetar um ou mais processos que mantêm ou regulam a translocação e distribuição dos fotoassimilados para células armazenadoras, e desta forma, afetam sua própria translocação na planta (AMRHEIN et al., 1980; DEVINE & VADEN BORN, 1985; GEIGER & BESTMAN, 1990). Algumas horas após o tratamento com Glyphosate ocorreu redução na fotossíntese e na produção de amido em plantas de beterraba (MADESEN et al., 1995), diminuindo a translocação de carboidratos e do Glyphosate nos vasos do floema, até os tecidos de armazenamento de reservas, em várias espécies de plantas. Além disso, Glyphosate aplicado em doses elevadas pode causar danos aos elementos de tubo crivado do floema, limitando sua translocação, juntamente com fotoassimilados, até os tecidos de armazenamento de reservas das plantas (GEIGER & BESTMAN, 1990). A

limitação da translocação não é importante em plantas sensíveis ao herbicida, mas contribui para a tolerância em espécies que apresentam maior dificuldade no controle (GEIGER & BESTMAN, 1990). A aplicação de herbicidas em doses excessivas ou demasiadamente baixas pode apresentar problemas no controle de plantas daninhas.

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de caracterizar a curva de resposta de *C. benghalensis* aos inibidores da enzima EPSPS e comparar a atividade de Glyphosate e Sulfosate.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Experimentos foram conduzidos em vasos, na Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) em Porto Alegre (RS), no ano de 1999. Plantas de *C. benghalensis* foram obtidas a partir de mudas por enraizamento de pedaços de caules, contendo duas gemas cada. Os caules foram cortados e colocados em bandejas contendo uma camada de 15 cm de areia com granulometria média, deixando-se a gema da parte inferior de cada pedaço de caule em contato com o substrato. Irrigaram-se as mudas diariamente até o enraizamento. Após enraizadas, as mudas foram selecionadas e transferidas para vasos de plástico, contendo 1 kg de solo, plantando-se 2 mudas por vaso. Os vasos foram mantidos em ambiente não protegido. A temperatura média durante a condução do experimento foi de 27 °C durante o dia e 18 °C durante a noite, e a precipitação pluviométrica de 40 mm. A unidade do solo foi mantida próximo a capacidade de campo, aplicando-se água via irrigação por capilaridade, nos períodos com falta de chuva.

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com três repetições. Os tratamentos utilizados no experimento de resposta à dose foram: Glyphosate e Sulfosate, nas doses (em g ha⁻¹ do equivalente ácido) de 0, 720; 1.440; 2.160 e 2.880. No segundo experimento, avaliaram-se os mesmos herbicidas nas doses de 0, 720; 1.440 e o tratamento sequencial de 720 + 720 (g ha⁻¹). A aplicação dos herbicidas foi realizada aproximadamente três horas após o dia amanhecer, aos 20 dias após o plantio, quando as plantas apresentavam 20 cm de estatura. A segunda aplicação, no tratamento com aplicação sequencial, foi efetuada 15 dias após a primeira.

As aspersões foram realizadas com pulverizador costal pressurizado com CO₂, equipado com barra de 2,0 m, bicos Teejet 80.03, mantendo-se a pressão constante em 150 kPa e obtendo-se vazão equivalente a 220 litros/ha.

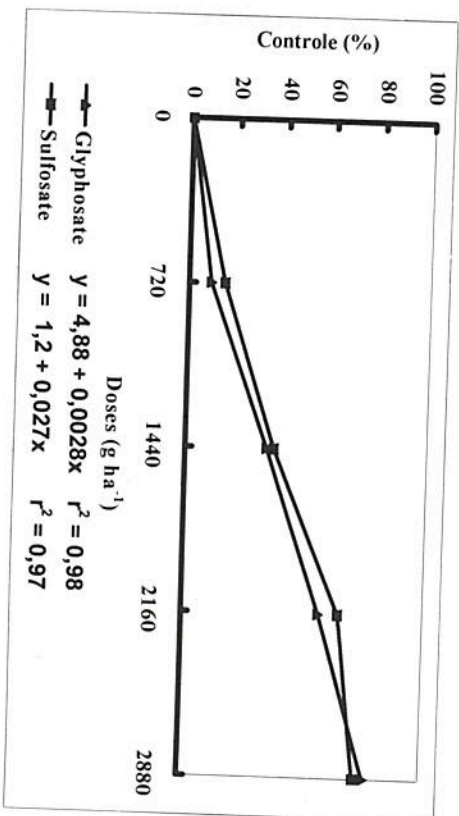
As variáveis avaliadas foram: controle, comprimento dos ramos (% em relação à testemunha), área foliar e matéria seca das plantas aos 35 dias após o tratamento (DAT). Para avaliação do controle das plantas utilizou-se escala visual, variando de 0 a 100, sendo que a nota 0 correspondeu à ausência de sintomas de fitotoxicidade e 100 à morte das

plantas. O comprimento dos ramos foi determinado com régua. No final do experimento, aos 35 DAT, coletou-se toda a parte aérea das plantas, determinou-se a área foliar com aparelho integrador de área foliar, retirando-se as folhas das plantas e medindo-as. Posteriormente, as folhas foram colocadas em estufa de circulação e renovação forçada de ar a 70 °C até peso constante, e depois foram pesadas. Todas as características avaliadas foram analisadas estatisticamente, aplicando-se o Teste F e análises de regressão. Os resultados do tratamento sequencial foram comparados com os demais pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Glyphosate e Sulfosate apresentaram efeitos semelhantes sobre as plantas de *C. benghalensis*. O controle desta espécie variou de 10 a 75% aos 35 DAT, aumentando linearmente com o incremento da dose do herbicida (Figura 1).

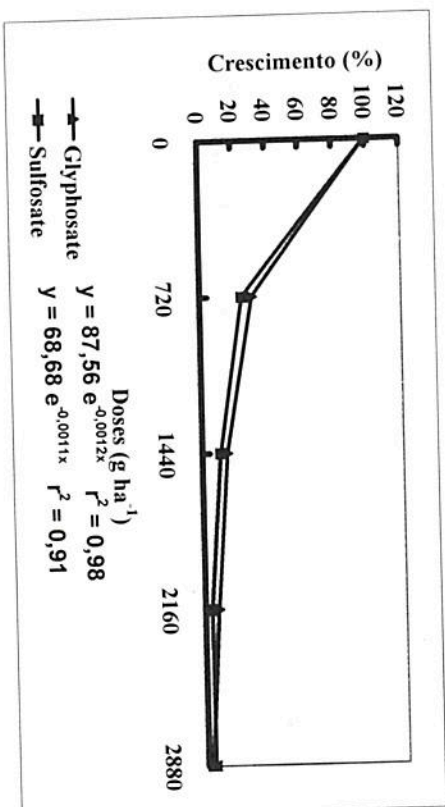
FIGURA 1 - CONTROLE DE *Commelina benghalensis* EM FUNÇÃO DAS DOSES DE GLYPHOSATE E SULFOSATE - UFRGS, PORTO ALEGRE (RS) - 1999



O crescimento das plantas foi reduzido em todos os tratamentos com herbicida. Nos tratamentos com Glyphosate e Sulfosate na dose de 720 g ha⁻¹ as plantas cresceram 30%, em média, em relação à testemunha. Nas demais doses o crescimento de *C. benghalensis* foi

inferior a 15% para ambos os herbicidas testados (Figura 2). Observou-se que as plantas tiveram o crescimento paralizado durante 20 dias após a aplicação dos herbicidas, reiniciando o crescimento depois deste período. Contudo, nos tratamentos com doses de 2160 e 2880 g ha⁻¹, as brotações emitidas apresentaram pouco crescimento até 35 DAT (Figura 2).

FIGURA 2 - CRESCIMENTO DE *Commelina benghalensis* EM FUNÇÃO DAS DOSES DE GLYPHOSATE E SULFOSATE APLICADAS - UFRGS, PORTO ALEGRE (RS) - 1999

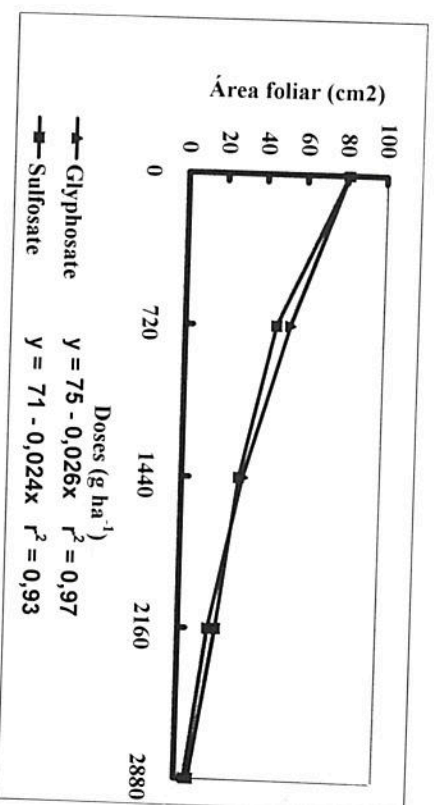


As folhas emitidas até o dia da aplicação dos herbicidas foram eliminadas nos tratamentos com doses de 2160 e 2880 g ha⁻¹. Nas demais doses, somente as folhas jovens foram eliminadas, enquanto que as folhas em fase final de crescimento permaneceram vivas, porém apresentando sintomas de clorose aos 35 DAT. As plantas de *C. benghalensis* tratadas com doses de 720 e 1440 g ha⁻¹ apresentaram área foliar superior àquelas tratadas com doses maiores. Entretanto, em todas as doses, as plantas mostraram-se inferiores às que não receberam aplicação dos herbicidas (Figura 3). Verificou-se que as plantas tratadas com dose de 2880 g ha⁻¹ de ambos os herbicidas, apresentaram poucas folhas e com tamanho reduzido aos 35 DAT.

As plantas submetidas a aplicação sequencial dos herbicidas apresentaram poucas brotações e com tamanho reduzido aos 35 DAT, indicando maior efeito dos herbicidas aplicados nestas condições, em

relação às demais (Tabela 1). Menor produção de matéria seca das plantas de *C. benghalensis* foi observada nos tratamentos com aplicação sequencial de 720+720 g ha⁻¹, sendo superior a produção nos tratamentos com dose de 720 g ha⁻¹ em aplicação única. Entretanto, as plantas sob todos os tratamentos herbicidas apresentaram matéria seca inferiores a testemunha sem aplicação (Tabela 1).

FIGURA 3 - ÁREA FOLIAR DE *Commelina benghalensis* SUBMETIDA AOS TRATAMENTOS COM DIFERENTES DOSES DE GLYPHOSATE E SULFOSATE - UFRGS, PORTO ALEGRE (RS) - 1999



A resposta da *C. benghalensis* aos diferentes tratamentos permite especular sobre as possíveis causas da tolerância desta espécie aos herbicidas inibidores de EPSPS. Verificou-se resposta crescente no controle com aumento das doses dos herbicidas até 1440 g ha⁻¹ e a partir desta dose o controle foi pouco afetado (Figura 2). Com 1440 g ha⁻¹ o controle foi menor do que quando esta dose foi dividida em 720 + 720 g ha⁻¹ e aplicada em sequencial com intervalo de 15 dias (Tabela 1). Tal fato indica que a enzima EPSPS é sensível aos produtos aplicados e que outros fatores, provavelmente relacionados com a movimentação dos herbicidas até o local de ação, sejam responsáveis pela tolerância das plantas de *C. benghalensis* aos inibidores de EPSPS.

Existem duas hipóteses para explicar a tolerância de algumas espécies aos inibidores de EPSPS. A primeira preconiza que os inibidores de EPSPS, aplicados em altas doses, podem necrosar e romper os tubos crivados do floema, prejudicando a translocação dos herbicidas até o local de ação (GEIGER & BESTMAN, 1990). Na segunda acredita-se que o baixo controle pode estar relacionado com a inibição fotossintética causada pelos herbicidas.

TABELA 1 - MATÉRIA SECA DE *Commelina benghalensis* SUBMETIDA AOS TRATAMENTOS COM DIFERENTES DOSES DE GLYPHOSATE E SULFOSATE, UFRGS, PORTO ALEGRE (RS) - 1999

Doses (g ha ⁻¹)	Matéria Seca (g planta ⁻¹)		
	Glyphosate	Sulfosate	Média
0	6	6	6,00 a ¹
720	3,3	3	3,15 b
1440	2	1,7	1,85 c
720 + 720	1,1	0,8	0,95 d
Média	3,18 A	2,9 A	

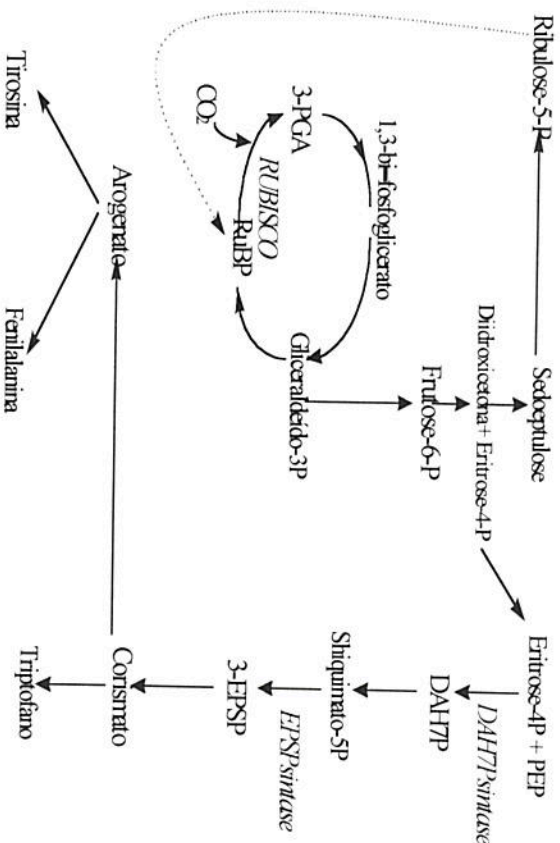
¹ Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem significativamente (P > 0,05) pelo teste de Tukey.

MADSEN et al. (1995) observaram redução na fotossíntese de plantas de beterraba algumas horas após o tratamento com Glyphosate. Em períodos de alta atividade fotossintética, muitas vezes, a síntese de carboidratos é maior do que a capacidade de transporte dos mesmos para os locais de demanda. Com isso, as plantas transformam parte destes compostos em amido, armazenando-o temporariamente nos vacúolos. Nos períodos em que a fotossíntese é baixa e durante a noite, as reservas de amido armazenadas temporariamente nos vacúolos são transformadas em sacarose e esta é translocada para os tecidos em crescimento e para os tecidos de armazenamento de reservas (HO, 1988; TURGEON, 1989; SALISBURY & ROSS, 1991; GEIGER & SERVAITES, 1994; SMITH et al., 1995). A aplicação dos herbicidas nas plantas de *C. benghalensis* foi realizada aproximadamente três horas após o dia amanhecer. Assim, quando os herbicidas foram aplicados, provavelmente as reservas temporárias de amido nas plantas estavam esgotadas e o período de atividade fotossintética não foi suficiente para sintetizar quantidades significativas de carboidratos. Isso pode ter dificultado o transporte de carboidratos e dos herbicidas até os tecidos de reserva, localizados nos rizomas, diminuindo o efeito dos herbicidas sobre estas estruturas e facilitando a recuperação das plantas tratadas.

De acordo com GEIGER & BESTMAN (1990) os herbicidas inibidores de EPSPS movem-se no floema juntamente com moléculas de sacarose, formadas a partir da fotossíntese ou da quebra de moléculas de amido, armazenadas temporariamente nos vacúolos. Os herbicidas Glyphosate e Sulfosate inibem a enzima EPSPS, a qual cataliza a reação entre enol-piruvil-shiquimato fosfato (EPSP) e shiquimato-3-fosfato (S3P), interrompendo a rota de biossíntese de triptofano e do aragenato que é o precursor dos aminoácidos fenilalanina, tirosina (Figura 4) (LEHNINGER et al., 1991; VIDAL, 1997). Estes compostos são reguladores alostéricos

da enzima 2-ceto-3-deoxi-D-arabinoheptulosonato-7-fosfato sintase (DAH7Ps), a qual cataliza a reação entre fosfoenolpiruvato e eritrose-4-fosfato, que é a primeira reação na rota do shiquimato (Figura 4) (LEE, 1997). Em condições normais aproximadamente 20% do carbono, oriundo da fotossíntese nas plantas, é utilizado na rota de biossíntese destes aminoácidos (VIDAL, 1997).

FIGURA 4 - ESQUEMA SIMPLIFICADO DO MODO DE AÇÃO DOS HERBICIDAS INIBIDORES DE EPSPS



A falta de regulação da enzima DAH7P aumenta o fluxo de carbono por esta rota, reduzindo a disponibilidade de moléculas de eritrose para regeneração da ribulose fosfato (RuBP), a qual é o substrato para a enzima rubisco no processo de fixação de carbono, no ciclo de Calvin na fotossíntese (Figura 4) (LEE, 1997). Com a diminuição de RuBP o processo fotossintético seria inibido e, com isso, o transporte dos herbicidas também seria reduzido, diminuindo os efeitos dos mesmos sobre as plantas de *C. benghalensis*, possibilitando que as mesmas se recuperassem, emitindo novas brotações.

4 CONCLUSÃO

A resposta da *Commelina benghalensis* é semelhante para ambos os herbicidas inibidores de EPSPS, Glyphosate e Sulfosate. Ocorre o incremento do controle desta espécie com aumento da dose, porém até a dose de 2880 g ha⁻¹ o controle é inferior a 80%.

A aplicação sequencial dos herbicidas, dividindo-se as doses apresenta melhor controle da *Commelina benghalensis*.

A tolerância da *Commelina benghalensis* aos inibidores de EPSPS provavelmente está relacionada com absorção e translocação dos herbicidas na planta.

Abstract

High tolerance to the herbicides inhibitors of EPSPS is the probable cause of the increasing population of *Commelina benghalensis* in areas cultivated in the no-till system. The objectives of this work was to determine the dose-response of *Commelina benghalensis* to EPSPS inhibitors and to identify possible causes for tolerance. Treatments consisted of Glyphosate and Sulfosate at doses (g ha⁻¹) of 0, 720, 1440, 2160 and 2880. Plants of *Commelina benghalensis*, obtained through stem rooting were planted in pots with 1 kg soil and sprayed with the herbicides 20 days after planting. A second experiment was conducted using similar doses, plus a treatment with sequential application of 720 + 720, where the second spray occurred 15 days after the first. Both herbicides tested gave similar results on *Commelina benghalensis*, with control ranging from 10 to 75%. The best control indexes were achieved with the sequential application and with the herbicides sprayed at rates of 2160 and 2880 g ha⁻¹. Probable causes of low control obtained is related to low translocation of the herbicides within the plant until the enzyme target site.

REFERÊNCIAS

- 1 AMRHEIN, N.; DEUS, B.; GEHRKE, B.; STEINRUCKEN, H. C. The site of the inhibition of the shikimate pathway by glyphosate. II. Interference of glyphosate with chorismate formation in vivo and in vitro. *Plant Physiology*, Rockville, v. 66, p. 830-834, 1980.
- 2 DEVINE, M. D.; VANDEN BORN, W. H. Absorption, translocation, and foliar activity of clopyralid and chlorsulfuron in Canada thistle (*Cirsium arvense*) and perennial sowthistle (*Sonchus arvensis*). *Weed Science*, Champaign, v. 33, n. 3, p. 524-530, 1985.
- 3 DURIGAN, J. C.; GALLI, A. D. J.; LEITE, G. J. Avaliação da eficiência da mistura de glyphosate e 2,4-D para o controle de plantas daninhas em citros. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HERBICIDAS E

- PLANTAS DANINHAS, 17., 1988, Piracicaba. **Resumos...** Piracicaba: SBEHD, 1988, p. 303-304.
- GALLI, A. J. B. Avaliação da eficiência de glyphosate em mistura com diversos produtos, no controle de *Commelina virginica* (trapoeira) em citros. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HERBICIDAS E PLANTAS DANINHAS, 18., 1991, Brasília. **Resumos...** Brasília: SBEHD, 1991, p. 104-105.
- GEIGER, D. R.; BESTMAN, D. H. Self-limitation of herbicide mobility by phytotoxic action. **Weed Science**, Champaign, v. 38, n. 2, p. 324-329, 1990.
- GEIGER, D. R.; SERVANTES, J. C. Diurnal regulation of photosynthetic carbon metabolism in C3 plants. **Annual Review Plant Physiology and Plant Mol. Biology**, Palo Alto, v. 45, n. 1, p. 235-256, 1994.
- HO, L. C. Metabolism and compartmentation of imported sugars in sink organs in relation to sink strength. **Annual Review Plant Physiology and Plant Mol. Biology**, Palo Alto, v. 39, n. 2, p. 355-378, 1988.
- KISSMANN, K. G. **Plantas infestantes e nocivas**. São Paulo: Basf, 1991, p. 67-94.
- LEE, D. L. The discovery and structural requirements of inhibitors of p-hydroxyphenylpyruvate dioxygenase. **Weed Science**, Lawrence, v. 45, n. 3, p. 601-609, 1997.
- LEHNINGER, A. L.; NELSON, D. L.; COX, M. M. **Principles of biochemistry**. 2nd ed. New York: Lehninger, Nelson and Cox, 1993, 839 p.
- LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas, tóxicas e medicinais**. 2. ed. Nova Odessa: Plantarum, 1991, 440 p.
- MADSEN, K. H.; HEITHOLT, S. O.; DUKE, R. J. et al. Photosynthetic parameters in glyphosate-treated sugarbeet (*Beta vulgaris* L.). **Weed Research**, v. 35, p. 81-88, 1995.
- RAMOS, H. H.; DURIGAN, J. C. Avaliação da eficiência da mistura pronta de glyphosate + 2,4-D no controle da *Commelina virginica* em citros. **Planta Daninha**, Botucatu, v. 14, n. 1, p. 33-41, 1996.
- RODRIGUES, B. N.; PITELLI, R. A.; BELLINGIERI, P. A. Efeitos da calagem do solo no crescimento inicial e absorção de macronutrientes por plantas de trapoeira (*Commelina benghalensis*). **Planta Daninha**, Botucatu, v. 13, n. 2, p. 59-68, 1995.
- SALISBURY, F. B.; ROSS, C. W. **Plant physiology**. 4th ed. California: Wadsworth Publishing, 1991, 758 p.
- SMITH, A. M.; DENYER, K.; MARTIN, C. R. What controls the amount and structure of starch in storage organs? **Plant Physiology**, v. 105, p. 603-677, 1995.
- TOLLERVEY, F. E. et al. Weed control investigations in Bolivian crops 1977-1978. **Weed abstracts**, v. 29, n. 7, p. 225, 1979.
- TURGEON, R. The sink-source transition in leaves. **Annual Review Plant Physiology and Plant Mol. Biology**, Palo Alto, v. 40, n. 1, p. 119-138, 1989.
- VIDAL, R. A. **Herbicidas: mecanismos de ação e resistência de plantas**. Porto Alegre: UFRGS, 1997, 165 p.
- VIDAL, R. A.; SPADER, V. Herbicidograma para *Commelina benghalensis*. **Pesticidas: R. Ecotoxicol. e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 9, p. 95-102, 1999.
- 134