

EFEITO DO HERBICIDA CHLORIMURON-ETHYL EM BIÓTIPOS RESISTENTE E SUSCETÍVEL DE *Euphorbia heterophylla*¹

Effect of Chlorimuron-Ethyl on Resistant and Susceptible Euphorbia heterophylla Biotypes

AARESTRUP, J.R.², KARAM, D.³, FERNANDES, G.W.⁴ e CORRÊA, E.J.A.⁵

RESUMO - O objetivo deste estudo foi verificar os efeitos do chlorimuron-ethyl, inibidor da enzima acetolactato sintase (ALS), no crescimento foliar (largura e comprimento) e em altura de plantas de *Euphorbia heterophylla* suscetíveis e resistentes aos herbicidas inibidores da ALS, aos 30 dias após a aplicação do herbicida. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, utilizando-se o delineamento inteiramente casualizado, com 11 repetições por dose aplicada do herbicida. Foram observadas respostas diferenciais entre os biótipos. As características analisadas variaram segundo a dose utilizada do herbicida. Nenhuma das doses experimentais, incluindo a comercial, foi capaz de controlar, eficientemente, o desenvolvimento das plantas resistentes.

Palavras-chave: Euphorbiaceae, herbicida, planta daninha, resistência, ALS.

ABSTRACT - The objective of this study was to verify the effects of chlorimuron-ethyl (classic), an inhibitor of acetolactate synthase (ALS) on leaf growth (width and length) and plant height of *Euphorbia heterophylla*, susceptible or resistant to ALS inhibitors, 30 days after herbicide application. The experiment was conducted in a greenhouse using a completely randomized design with 11 repetitions per herbicide dosage applied. Differential responses were observed between the two biotypes. The characteristics analyzed varied according to herbicide dose. None of the experimental dosages, including the commercially recommended one, allowed an efficient control of the development of resistant plants.

Keywords: Euphorbiaceae, herbicide, weed, resistant, susceptible.

INTRODUÇÃO

O uso freqüente de um mesmo herbicida ou herbicidas com ação em um único local de uma via metabólica tem permitido a seleção de plantas resistentes a esses compostos químicos. Dentre os fatores que permitem o desenvolvimento da resistência, a diversidade

genética das plantas daninhas é uma resposta evolutiva importante para a sobrevivência das espécies em áreas agrícolas (Monquero & Christoffoleti, 2001).

Os herbicidas interferem em processos vitais para as plantas, podendo alterar ou bloquear uma série de eventos fisiológicos e metabólicos que inviabilizam o desenvolvimento

¹ Recebido para publicação em 5.12.2007 e na forma revisada em 30.5.2008.

² Bióloga, Dr^a, Programa de Pós-Graduação em Genética, UFMG, Av. Antônio Carlos 6627, Belo Horizonte-MG; ³ Eng^a-Agr^a, Ph.D., Embrapa Milho e Sorgo, Rodovia MG 424, km 4, Caixa Postal 151 - Sete Lagoas-MG; ⁴ Biólogo, Ph.D., ICB, Universidade Federal de Minas Gerais, Caixa Postal 486, Belo Horizonte-MG; ⁵ Biólogo, M.Sc., Empresa Agropecuária de Minas Gerais, Vila Gianetti, casa 46, campus UFV, Viçosa-MG.



de células ou de todo o organismo (Melhorança & Pereira, 2000). Alguns herbicidas inibem a acetolactato sintase (ALS), enzima que catalisa a síntese dos aminoácidos essenciais valina, leucina e isoleucina (Trezzi & Vidal, 2001). As plantas daninhas resistentes aos herbicidas inibidores da ALS apresentam alteração do gene que codifica tal enzima (Shaner, 1991). Conseqüentemente, a enzima ALS, neste grupo de plantas, apresenta modificações na sua seqüência protéica. Assim, os aminoácidos essenciais são produzidos mesmo na presença do herbicida no organismo (Weed Science, 2007).

Os herbicidas inibidores da ALS são amplamente utilizados no manejo de *Euphorbia heterophylla*, o que desencadeou a seleção de biótipos resistentes da espécie em regiões do Centro-Oeste (Melhorança & Pereira, 2000), Sudeste (Gelmini et al., 2001) e Sul do Brasil (Winkler & Vidal, 2004).

E. heterophylla é uma planta daninha altamente competitiva com monoculturas como a soja (Chemale & Fleck, 1982), e o seu rápido crescimento e multiplicação (Kissmann & Groth, 1992) geram perdas econômicas importantes, pois cada dez plantas daninhas da espécie por m² reduz em 7% o rendimento de grãos durante o ciclo da cultura (Chemale & Fleck, 1982).

O conhecimento sobre as características das plantas daninhas e a documentação das respostas que estas plantas apresentam após a aplicação dos herbicidas é de grande relevância para se evitar o surgimento de novos biótipos resistentes (Christoffoleti & López-Ovejero, 2004). Em virtude da escassa literatura existente sobre os efeitos da resistência de *E. heterophylla* e da importância econômica que a espécie representa para a cultura de soja, o objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos do herbicida chlorimuron-ethyl (inibidor da ALS) em biótipos suscetível e resistente de *E. heterophylla*.

MATERIAL E MÉTODOS

As sementes dos biótipos suscetíveis (S) e resistentes (R) aos herbicidas inibidores da ALS de *E. heterophylla* foram coletadas em regiões de cultivo de soja, na Coamo

Agroindustrial Cooperativa, Campo Mourão, Paraná, Brasil. A obtenção de novas sementes, a manutenção das plantas e os tratamentos com o herbicida chlorimuron-ethyl foram realizados na Embrapa Milho e Sorgo, em Sete Lagoas, Minas Gerais, Brasil.

As sementes dos biótipos R e S de *E. heterophylla* foram colocadas separadamente, em vasos com capacidade para 1 litro (uma semente por vaso), a 1 cm de profundidade, no substrato Latossolo Vermelho com textura argilosa.

O desenvolvimento e a manutenção das plantas foram realizados em casa de vegetação com temperatura máxima de 30 °C; ao atingir de seis a oito folhas, cada planta teve sua folha com maior expansão marcada com etiqueta plástica. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com 11 repetições. Foram utilizados cinco tratamentos para cada biótipo, descritos a seguir: a) T1 - controle ou ausência da aplicação do herbicida chlorimuron-ethyl; b) dose de chlorimuron-ethyl, em quilogramas por hectare: T2 - 0,014; T3 - 0,031; T4 - 0,062; T5 - 0,127; T6 - 0,25; T7 - 0,511; e T8 - 1,022. Após sete dias, quando as plantas atingiram o estágio de 6 a 8 folhas, foram aplicadas as doses do produto sobre a parte aérea das plantas, com o auxílio de um pulverizador costal à pressão constante de CO₂, provido de barra pulverizadora com quatro bicos tipo leque 110.02, com vazão de 240 l ha⁻¹. O produto foi aplicado às 14 horas, sob condições ambientais de 33°C e 47% de umidade relativa do ar.

O desenvolvimento das folhas marcadas foi mensurado através de medições da largura (LF) e do comprimento (CF) totais, com o auxílio de um paquímetro. O crescimento em altura das plantas (CA) foi mensurado por meio de medições da altura, desde o solo até o ápice do caule, também com um paquímetro. As análises foram realizadas aos 30 dias após a aplicação do herbicida.

A porcentagem de controle foi calculada utilizando-se a seguinte fórmula, segundo Gazziero et al. (1998):

$$\text{Porcentagem de controle} = 100 - [(D_i/C) \times 100]$$

em que:

D_i – dados amostrais para CA, CF ou LF; e

C – média dos valores das plantas controle para as amostras de CA, CF e LF.

Foi considerado 100% de controle da característica quando o desenvolvimento da característica analisada foi reduzido a zero em relação ao controle. Dessa forma, 0% (zero) representa nenhum controle e 100%, o controle total do herbicida sobre a característica analisada.

Os modelos de regressão logarítmica (LN) foram ajustados às médias obtidas dos dados observados, tendo como variável resposta a porcentagem de controle da característica analisada, e variável fixa, as dose do herbicida inibidor da ALS, chlorimuron-ethyl.

Os valores de GR_{50} (dose para 50% de controle do biótipo resistente e do suscetível) foram obtidos a partir dos modelos ajustados. As relações médias de GR_{50} para cada característica foram calculadas dividindo-se o GR_{50} do biótipo resistente pelo biótipo suscetível (R/S). O número de vezes em que a dose foi necessária para controlar 50% das plantas do biótipo suscetível foi considerado adequado quando superior ao valor com mesmo efeito para o biótipo resistente.

Os dados foram analisados, utilizando-se o software JMP 5.0 (SAS Institute Inc.).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias negativas obtidas aos 30 dias após a aplicação (Tabela 1) indicam o estímulo

do crescimento das plantas na dose do herbicida, quando comparadas ao grupo de plantas controle. A dose de 0,031 kg ha⁻¹ do herbicida estimulou o comprimento foliar dos biótipos resistentes e suscetíveis e o crescimento em altura do biótipo resistente.

Doses acima de 0,511 kg ha⁻¹ de chlorimuron-ethyl controlaram em 100% o crescimento das folhas (comprimento e largura) e a altura das plantas suscetíveis. Nenhuma das dose utilizadas foi suficiente para controlar em 100% o biótipo resistente.

A dose comercial de chlorimuron-ethyl (0,127 kg ha⁻¹) controlou em 21 e 30,28% o crescimento em altura das plantas resistentes e suscetíveis, respectivamente. A mesma dose ocasionou o controle do comprimento foliar dos biótipos resistentes, em 7,32%, e suscetíveis, em 20,32%. Para o crescimento em largura foliar, os índices de controle foram de 37,18% (resistentes) e 71,15% (suscetíveis). Esses resultados demonstram que a dose comercial do herbicida (0,127 kg ha⁻¹) é mais eficaz no controle do crescimento, em geral, do biótipo suscetível em relação ao biótipo resistente.

Por ser o chlorimuron-ethyl um inibidor da enzima ALS (Christoffoleti, 2001), esta classe de herbicidas altera a formação de valina, leucina e isoleucina (Trezzi & Vidal, 2001), aminoácidos importantes para a formação de proteínas estruturais que compõem o organismo (Stryer, 1995). Dessa forma, a não-produção desses aminoácidos significa conseqüências drásticas para o crescimento vegetal (Salisbury & Ross, 1991).

Tabela 1 - Porcentagem média de controle de *Euphorbia heterophylla*, biótipo resistente (R) e suscetível (S), em função das doses do herbicida chlorimuron-ethyl para as características de crescimento em altura, crescimento do comprimento foliar e crescimento do comprimento da largura foliar

| Dose (kg ha ⁻¹) | Comprimento em altura (cm) | | Comprimento foliar (cm) | | Largura foliar (cm) | |
|-----------------------------|----------------------------|-------|-------------------------|--------|---------------------|-------|
| | R | S | R | S | R | S |
| 0,014 | 7,74 | 19,64 | 6,16 | 11,25 | 18,27 | 29,49 |
| 0,031 | -1,07 | 7,26 | -0,95 | -4,34 | 21,47 | 29,49 |
| 0,062 | 5,36 | 9,17 | 6,50 | -19,24 | 15,60 | 43,91 |
| 0,127 | 21,00 | 30,28 | 7,32 | 20,32 | 37,18 | 71,15 |
| 0,250 | 17,85 | 30,53 | 17,68 | 19,71 | 19,23 | 68,75 |
| 0,511 | 38,93 | 100 | 30,22 | 100 | 46,58 | 100 |
| 1,022 | 26,57 | 100 | 38,21 | 100 | 42,31 | 100 |



Segundo Shaner (1991), uma modificação do gene responsável pela codificação da ALS torna a planta resistente aos herbicidas inibidores da enzima. Essa modificação altera a sequência de aminoácidos da enzima ALS, de forma que herbicidas como o chlorimuron-ethyl não conseguem mais provocar a inibição da enzima (Carvalho, 2004). Isso explicaria a menor porcentagem de controle do herbicida chlorimuron-ethyl sobre o crescimento foliar do biótipo resistente.

As análises dos modelos de regressão do crescimento em altura (Figura 1), comprimento (Figura 2) e largura (Figura 3) foliares mostram que o herbicida chlorimuron-ethyl é efetivo no controle do biótipo suscetível, alcançando, em todas as características, 100% de controle. O mesmo não ocorre para o biótipo resistente. Assim, sob efeito de herbicidas, as plantas podem modificar o padrão de distribuição de fotossintetizadores entre os seus órgãos.

Vidal & Trezzi (2000) analisaram o crescimento de biótipos de *E. heterophylla*, suscetível e resistente aos herbicidas inibidores da ALS, e verificaram que ambos apresentam taxas de crescimento similares. Contudo, por meio do presente estudo, pôde-se observar que os biótipos resistentes e suscetíveis da planta apresentam características de desenvolvimento dependentes da dose aplicada do herbicida inibidor da ALS.

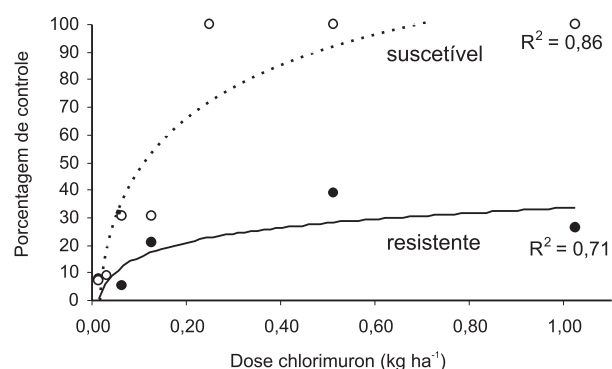


Figura 1 - Porcentagem de controle do crescimento em altura de *Euphorbia heterophylla*, biótipos resistente e suscetível, em função das doses do herbicida chlorimuron-ethyl. Para suscetível: $y = 26,704\ln(x) + 71,334$; para resistente: $y = 7,752\ln(x) + 22,404$.

Os valores de GR_{50} para as características do crescimento analisadas (Tabela 2) demonstram que apenas doses acima de $1,022 \text{ kg ha}^{-1}$ são capazes de reduzir em 50% o crescimento do biótipo resistente. Para o biótipo suscetível, entretanto, esses valores encontram-se dentro das doses aplicadas.

Por meio das análises dos valores de GR_{50} , pode-se inferir que a aplicação da dose comercial ($0,127 \text{ kg ha}^{-1}$) de chlorimuron-ethyl é maior que a dose necessária para reduzir, em 50%, o crescimento em altura da planta e largura foliar, mas tal dose é menor que a necessária para proporcionar o mesmo efeito no crescimento do comprimento da folha. As razões encontradas de GR_{50} resistente/suscetível mostram que é necessário aplicar 16,45 vezes mais chlorimuron-ethyl em plantas resistentes do que em suscetíveis para que ocorra a redução do crescimento da largura foliar do biótipo resistente em 50%. Para o crescimento do comprimento foliar, necessita-se aplicar 4,16 vezes mais chlorimuron-ethyl em plantas resistentes do que a dose aplicada em plantas suscetíveis.

Em condições de estresse, como parasitismo e deficiências hídricas do ambiente, o crescimento dos limbos direito e esquerdo pode ser assimétrico (Lempa et al., 2000; Hódar, 2002). Os dados obtidos sugerem que a aplicação comercial ($0,127 \text{ kg ha}^{-1}$) de chlorimuron-

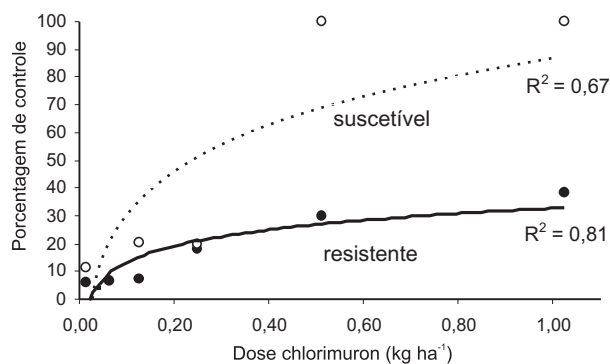


Figura 2 - Porcentagem de controle de crescimento do comprimento foliar de *Euphorbia heterophylla*, biótipos resistente e suscetível, em função das doses do herbicida chlorimuron-ethyl. Para suscetível: $y = 25,787\ln(x) + 49,372$; para resistente: $y = 8,5175\ln(x) + 20,584$.

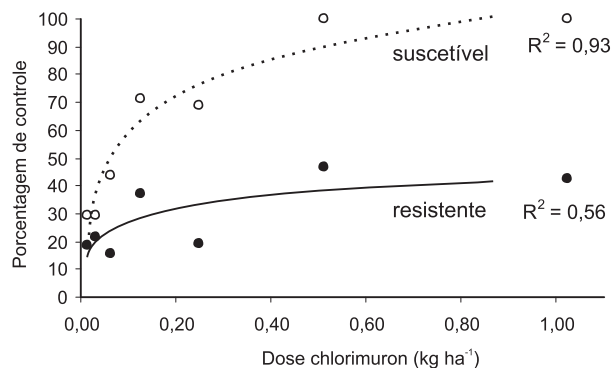


Figura 3 - Porcentagem de controle do crescimento em largura foliar de *Euphorbia heterophylla*, biótipos resistente e suscetível, em função das doses do herbicida chlorimuron-ethyl. Para suscetível: $y = 19,041\ln(x) + 75,692$; para resistente: $y = 6,355\ln(x) + 32,814$.

Tabela 2 - Doses ($g L^{-1}$) correspondentes ao GR_{50} do biótipo resistente (R) e do biótipo suscetível (S) de *Euphorbia heterophylla* e a relação R/S

| Parâmetro | GR_{50} | | R/S |
|-----------------------|----------------|----------------|---------|
| | Resistente (R) | Suscetível (S) | |
| Comprimento em altura | > 4,26 | 0,450 | > 9,47 |
| Comprimento foliar | > 4,26 | 1,025 | > 4,16 |
| Largura Foliar | > 4,26 | 0,259 | > 16,45 |

ethyl pode provocar crescimento diferencial entre largura e comprimento da folhas de *E. heterophylla*.

Pode-se concluir que o biótipo resistente não foi controlado pelas doses de chlorimuron-ethyl utilizadas, nem mesmo quando se aplicou uma dose oito vezes ($1,022 kg ha^{-1}$) maior que a dose comercial ($0,127 kg ha^{-1}$). Pôde-se verificar que o crescimento das plantas e das folhas (em largura e comprimento) variou em cada uma das dosagens utilizadas. Observou-se que o crescimento em largura é mais sensível ao herbicida do que o crescimento em comprimento das folhas.

AGRADECIMENTOS

A dois revisores anônimos, pelas críticas e sugestões ao manuscrito; à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais – FAPEMIG, CNPq e Embrapa Milho e Sorgo, pelo auxílio prestado.



LITERATURA CITADA

- CARVALHO, F. C. Mecanismo de ação dos herbicidas e sua relação com a resistência a herbicidas. In: CHRISTOFFOLETI, P. J. **Aspectos de resistência de plantas daninhas a herbicidas**. Campinas: HRAC-BR, 2004. p. 23-48.
- CHEMALE, V. M.; FLECK, N. G. Avaliação de cultivares de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) em competição com *Euphorbia heterophylla* L. sob três densidades e dois períodos de ocorrência. **Planta Daninha**, v. 5, n. 1, p. 36-45, 1982.
- CHRISTOFFOLETI, P. J. Metodologia e técnicas experimentais: Bioensaio para determinação da resistência de plantas daninhas aos herbicidas inibidores da enzima ALS. **Bragantia**, v. 60, n. 3, p. 261-265, 2001.
- CHRISTOFFOLETI, P. J.; LOPÉZ OVEJERO, R. F. L. Definições e situação da resistência de plantas daninhas aos herbicidas no Brasil e no mundo. In: CHRISTOFFOLETI, P. J. **Aspectos de resistência de plantas daninhas a herbicidas**. Campinas: HRAC-BR, 2004. p. 3-22.
- GELMINI, G. A. et al. Resistência de biótipos de *Euphorbia heterophylla* L. aos herbicidas inibidores da enzima ALS utilizados na cultura de soja. **Bragantia**, v. 60, p. 93-99, 2001.
- GRAZZIERO, D. L. P. et al. Resistência de amendoim-bravo aos herbicidas inibidores da enzima ALS. **Planta Daninha**, v. 16, n. 2, p. 117-125, 1998.
- HÓDAR, J. A. Leaf fluctuating asymmetry of holm oak in response to drought under contrasting climatic conditions. **J. Arid Environ.**, v. 52, p. 233-243, 2002.
- KISSMANN, K. G.; GROTH, D. **Plantas infestantes e nocivas**. São Paulo: Basf Brasileira, 1992. 789 p.
- LEMPA, K. et al. Covariation of fluctuating asymmetry, herbivory and chemistry during birch leaf expansion. **Oecologia**, v. 122, p. 354-360, 2000.
- MELHORANÇA, A. L.; PEREIRA, F. A. R. Eficiência do herbicida lactofen no controle de *Euphorbia heterophylla* resistente aos herbicidas inibidores da enzima acetolactato sintase (ALS). **R. Bras. Herbic.**, v. 1, p. 53-56, 2000.
- MONQUERO, P. A.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Manejo de populações de plantas daninhas resistentes aos herbicidas inibidores da acetolactato sintase. **Planta Daninha**, v. 19, n. 1, p. 67-74, 2001.
- SALISBURY, F. B.; ROSS, C. W. **Plant physiology**. Belmont: Wadsworth, 1991. 681 p.

SHANER, D. L. Mechanisms of resistance to acetolactate synthase / acetohydroxyacid synthase inhibitors. In: CASELEY, J. C.; CUSSANS, G. W.; ATKIN, R. K. **Herbicide resistance in weeds and crops**. Oxford: Butterworth-Heinemann, 1991. p. 27-43.

STRYER, I. **Biochemistry**. New York: W. H. Freeman & Company, 1995. 1.050 p.

TREZZI, M. M.; VIDAL R. A. Herbicidas inibidores da ALS. In: VIDAL, R. A.; MEROTTO JR., A. **Herbicidologia**. Porto Alegre: Edição dos Autores, 2001. 152 p.

VIDAL, R. A.; TREZZI, M. M. Análise de crescimento de biótipos de leiteira (*Euphorbia heterophylla*) resistentes e suscetíveis aos herbicidas inibidores da ALS. **Planta Daninha**, v. 18, n.3, p. 427-433, 2000.

WEED SCIENCE. International survey of herbicide resistant weeds. Disponível em: <<http://www.weedscience.org/in.asp>> Acesso em: 20 de julho de 2007.

WINKLER, L. M.; VIDAL, R. A. *Euphorbia heterophylla* L. resistente aos herbicidas inibidores de acetolactato sintase: Distribuição e genética de biótipos do Estado do Paraná. **R. Ecotoxicol. Meio Amb.**, v. 4, n. 1, p. 24-29, 2004.

