

ANÁLISE DE CRESCIMENTO DE BIÓTIPOS DE LEITEIRA (*Euphorbia heterophylla*) RESISTENTES E SUSCETÍVEL AOS HERBICIDAS INIBIDORES DA ALS¹

*Growth Analysis of Resistant and Susceptible Wild Poinsettia (*Euphorbia heterophylla*) Biotypes to ALS-Inhibiting Herbicides*

VIDAL, R.A.² e TREZZI, M.M.³

RESUMO - Foram conduzidos dois experimentos em condições de casa de vegetação, com o objetivo de analisar comparativamente o crescimento de três biótipos de leiteira (*Euphorbia heterophylla* - EPHHL) resistentes (R) (Passo Fundo, Não-Me-Toque e Rio Pardo) e um suscetível (S) (Porto Alegre) aos herbicidas inibidores da ALS, por meio do cálculo da taxa de crescimento relativo (TCR) e dos índices que a compõem. Utilizou-se o delineamento experimental completamente casualizado, com três repetições e tratamentos organizados em fatorial 2 x 4 x 4, em que o fator A correspondeu às duas estações de crescimento (outono e primavera), o fator B aos quatro biótipos de EPHHL e o fator C às quatro épocas de determinação dos índices de crescimento das plantas de leiteira - no primeiro experimento, aos 15, 25, 35 e 45, e, no segundo, aos 23, 33, 43 e 53 dias após a emergência (DAE). No experimento realizado no outono não houve interação entre época de avaliação e biótipo nem efeito simples de biótipo. No experimento realizado na primavera, a razão de peso foliar (RPF) do biótipo de Não-Me-Toque foi superior em média à dos demais biótipos; a razão de área foliar (RAF) foi superior no biótipo de Não-Me-Toque aos 23 e 53 DAE; e não houve diferenças da TAL e TCR entre os biótipos. Esses resultados sugerem produtividade semelhante entre os biótipos R e S e, portanto, sua equivalência competitiva.

Palavras-chave: resistência a herbicidas, taxa de crescimento relativo, taxa de assimilação líquida, razão de área foliar.

ABSTRACT - Two trials were carried out under greenhouse conditions to compare the development of three ALS inhibitor herbicides resistant (R) wild poinsettia (*Euphorbia heterophylla*) biotypes (Passo Fundo, Não-Me-Toque and Rio Pardo - RS - Brazil) and one susceptible (S) (Porto Alegre - RS - Brazil) using relative growth rate (RGR) and related indices. The experiment was arranged as a completely randomized design, with three replications, in a 2 x 4 x 4 factorial, where factor A was two growth seasons (fall and spring); factor B, four biotypes of wild poinsettia, and factor C, four assessments of growth indices (first trial at 15, 25, 35 and 45 days after emergence (d.a.e.) and second trial at 23, 33, 43 and 53 d.a.e.). The fall trial showed no interaction between assessment and biotype nor simple biotype effect. The spring trial relative leaf weight (RLW) of Não-Me-Toque biotype was higher than that of the others; leaf area ratio (LAR) of Não-Me-Toque biotype was higher than 23 and 53 d.a.e.; there was no difference of RGR and net assimilation rate (NAR) among biotypes. These results indicate similar R and S biotype productivities and, therefore, their competitive equivalency.

Key words: herbicide resistance, relative growth rate, net assimilation rate, leaf area ratio.

¹ Recebido para publicação em 8/11/1999 e na forma revisada em 17/8/2000.

² Eng.-Agrº., Ph.D., Faculdade de Agronomia/UFRGS. Cx. P. 776, 90001-970 Porto Alegre-RS. ³ Eng.-Agrº., Mestre, Curso de Agronomia do CEFET/PR - Unidade de Pato Branco, doutorando do PPG Fitotecnia/UFRGS.



INTRODUÇÃO

Resistência de plantas daninhas aos herbicidas é a habilidade herdável de determinado biótipo sobreviver à aplicação de um herbicida para o qual a população original era suscetível. A ocorrência de novos biótipos resistentes de plantas aos herbicidas tem se acentuado nas últimas três décadas. Atualmente, existem mais de 180 biótipos resistentes (R) aos herbicidas, em 42 países (Heap, 1997). Dentre os casos comprovados de plantas resistentes aos herbicidas no Brasil encontram-se biótipos de *Euphorbia heterophylla* (EPHHL), comumente conhecida como leiteira ou amendoim-bravo, resistentes aos herbicidas com mecanismo de ação de inibição da acetolactato sintase (ALS) (Vidal, 1997). Imidazolinonas, sulfoniluréias, sulfonanilidas e pirimidiloxibenzoatos são os principais grupos químicos de herbicidas pertencentes aos inibidores da ALS. Eles se caracterizam pela inibição irreversível desta enzima, que faz parte da via metabólica da síntese dos aminoácidos alifáticos de cadeia ramificada valina, leucina e isoleucina (Vidal, 1997).

É importante o estudo do comportamento biológico/ecológico de biótipos resistentes, a fim de traçar estratégias de manejo para as áreas de ocorrência. Vários fatores influenciam a probabilidade de infestação de uma área com indivíduos resistentes, como a adaptabilidade ecológica e prolificidade de indivíduos, longevidade e dormência das sementes da espécie ou do biótipo sob seleção, frequência da utilização de herbicidas de um único mecanismo de ação e sua persistência, eficácia do herbicida e métodos adicionais empregados no controle de plantas daninhas (Gressel & Segel, 1990; Maxwell et al., 1990; Putwain & Mortimer, 1989). A adaptabilidade ecológica de um biótipo refere-se ao sucesso evolutivo que combina as características de sobrevivência e reprodução. Em áreas sem a utilização de herbicidas, a adaptabilidade ecológica é fator importante na determinação da frequência inicial de plantas daninhas R que se desenvolvem juntamente com plantas S. Frequentemente, a análise de crescimento é utilizada para detectar diferenças funcionais e estruturais entre indivíduos, estimando sua adaptação ecológica (Holt & Radosevich, 1983).

A taxa de crescimento relativo (TCR) indica o aumento na matéria seca da planta por unidade de tempo, em relação à matéria seca inicial (Radford, 1967). Comparações de TCR podem ser feitas entre espécies que crescem em condições idênticas e se as colheitas forem suficientemente freqüentes (Radosevich et al., 1997). Espécies com elevada TCR podem levar vantagem ecológica em virtude da ocupação rápida de um espaço amplo e do encerramento rápido do ciclo da planta, essencial no caso de espécies ruderais. A TCR é calculada pela equação

$$TCR = (1/P_1) \cdot (\Delta P/\Delta t) \quad (1)$$

em que P_1 = matéria seca total da planta na época 1; ΔP = variação da matéria seca total entre época 1 e época 2; e Δt = variação de tempo entre época 1 e época 2.

A TCR é o produto de dois componentes: a razão de área foliar (RAF) e a taxa de assimilação líquida (TAL). A TAL é um índice fisiológico, que expressa a taxa de fotossíntese líquida, em termos de matéria seca produzida por unidade de área foliar, por unidade de tempo (Benincasa, 1988). A TAL é calculada por meio de

$$TAL = (1/A) \cdot (\Delta P/\Delta t) \quad (2)$$

em que A = área foliar.

A RAF é um índice morfológico, que expressa a razão da matéria assimilatória por unidade de matéria total de planta presente (Radford, 1967; Benincasa, 1988). A RAF é expressa por

$$RAF = A/P \quad (3)$$

A RAF também pode ser calculada por meio do produto de outros dois componentes: a área foliar específica (AFE) e a razão de peso foliar (RPF), o primeiro um componente morfológico e anatômico e, o segundo, um componente basicamente fisiológico (Benincasa, 1988). As equações 4 e 5 demonstram o cálculo de AFE e RPF:

$$AFE = A/P_{\text{folha}} \quad (4)$$

$$RPF = P_{\text{folha}}/P \quad (5)$$

em que P_{folha} = peso de folhas + cotilédones.

Em um trabalho com 24 espécies de plantas daninhas, todas com fotossíntese do tipo C3, houve alta correlação entre RAF e TCR e ausência de correlação entre TAL e TCR, indicando que, quanto maior o investimento da planta em área foliar, mais rapidamente ela poderia produzir biomassa nova (Poorter & Remkes, 1990). Para plantas daninhas e culturas herbáceas, há forte correlação de TCR com RAF, enquanto estas correlações são mais baixas para espécies arbóreas, ou plantas de ambientes sombreados ou espécies C₄, provavelmente pela importância maior de TAL nas condições em que a luz limita a fotossíntese em plantas C₄ (Poorter, 1990, citado por Radosevich et al., 1997).

Outros trabalhos têm comparado índices de crescimento de genótipos ou biótipos resistentes (R) a herbicidas com o de suscetíveis (S). A resistência às triazinas normalmente é determinada pela alteração de uma proteína do aparato fotossintético, local de ação do herbicida, resultando em menor desenvolvimento dos biótipos R, em relação aos S (Ahrens & Stoller, 1983; Holt & Radosevich, 1983). A comparação de linhas isonucleares de canola resistente e suscetível a triazinas em condição de alta e baixa intensidade luminosa demonstrou maior RAF e AFE na linha R, indicativo de adaptação à menor atividade fotossintética (Hart et al., 1992). Em condições não-competitivas, as TCR de matéria seca de raiz, de área foliar e total foram superiores em um biótipo de *Amaranthus hybridus* suscetível à atrazina somente em estádios mais avançados de desenvolvimento, quando a ação competitiva das plantas é menor (Sereda et al., 1996). A comparação de um biótipo resistente de *Abutilon theophrasti* à atrazina com um biótipo suscetível, em condição não-competitiva, determinou similaridade de TCR, RAF e TAL entre os biótipos (Gray et al., 1995).

Em geral, não há diferenças entre índices de crescimento de biótipos resistentes e suscetíveis aos herbicidas inibidores da ALS. Em condições não-competitivas, não houve diferenças na TCR entre biótipos R e S de *Kochia scoparia* (Thompson et al., 1994). Não foram demonstradas diferenças na TCR e TAL entre biótipos resistentes e suscetível desta espécie, mas houve inconsistência em diferenças de RAF no decorrer do ciclo das plantas

(Christoffoleti et al., 1997). A comparação de três classes de biótipos de *Lolium rigidum*: resistente a sulfoniluréias (6 biótipos), resistente a ariloxifenoxipropionatos (9 biótipos) e suscetível (11 biótipos) não mostrou diferenças na TCR (Gill et al., 1996). No entanto, a TCR de um biótipo S de *Lactuca serriola* foi superior à de um biótipo R (Alcocer-Ruthling et al., 1992).

Este trabalho teve como objetivo analisar comparativamente a taxa de crescimento de quatro biótipos de *Euphorbia heterophylla* em duas estações de crescimento diferentes, utilizando a TCR e outros índices que a compõem.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos dois experimentos em casa de vegetação do Departamento de Plantas de Lavoura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, em Porto Alegre-RS, o primeiro entre abril e junho e o segundo entre outubro e dezembro de 1998. Utilizaram-se, nos dois experimentos, os mesmos delineamento, tratamentos e demais procedimentos, com exceção das épocas de realização das avaliações.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com três repetições. As unidades experimentais foram constituídas por vasos contendo 1 kg de solo, cuja análise revelou: 27% de argila; 2,7% de matéria orgânica; pH em água de 5,1; 33 µg g⁻¹ de P; 153 µg g⁻¹ de K; 0,1 me dL⁻¹ de Al⁺³; 4,8 me dL⁻¹ de Ca; e 1,3 me dL⁻¹ de Mg. Os tratamentos foram dispostos em fatorial 2 x 4 x 4, em que o fator A foram as duas estações do ano para condução do experimento (outono e primavera), o fator B foram quatro biótipos de EPHHL (três resistentes, oriundos de Não-Me-Toque, Rio Pardo e Passo Fundo, e um suscetível, oriundo de Porto Alegre) e o fator C foram quatro épocas de determinação dos índices de crescimento das plantas de leiteira (no primeiro experimento, aos 15, 25, 35 e 45, e, no segundo, aos 23, 33, 43 e 53 dias após a emergência). A confirmação da resistência ou suscetibilidade dos biótipos aos herbicidas inibidores da ALS foi feita conforme descrito em experimentos conduzidos entre 1996 e 1997 (Vidal & Merotto Jr., 1999). As sementeiras de leiteira foram realizadas nos dias 24/4 e 17/10/1998, depositando-se de 15 a 20 sementes de cada biótipo por vaso a uma



profundidade de 1,5 cm. Procedeu-se ao desbaste em 8/5 e 30/10/1998, deixando-se três plantas por vaso. Nos dias 8/5/1998, no outono, e 9/11/1998, na primavera, foram realizadas as primeiras avaliações de desenvolvimento das plantas, que se seguiram em intervalos de 10 dias. As plantas receberam água por capilaridade, em um sistema em que os vasos foram depositados no interior de bandejas, sob uma lâmina de água variável de 1 a 2 cm. A frequência da reposição da lâmina da água variou em função da demanda evapotranspiratória. Semanalmente, a posição dos vasos era modificada, para evitar efeitos de microclima dentro da casa de vegetação. Em cada avaliação, retirou-se o conteúdo interno dos vasos, lavaram-se as raízes e separaram-se os constituintes das plantas em três partes principais: raízes, caules + pecíolos e cotilédones + folhas. Mediu-se a área de cotilédones + folhas por meio de integrador de área foliar. As diferentes partes das plantas foram colocadas em estufa para secagem a 65 °C por período de 72 horas, sendo posteriormente pesadas. A partir da mensuração dos valores de matéria seca e área foliar, calcularam-se TCR, TAL, RAF, AFE e RPF.

Realizou-se a análise de variância pelo teste F. Os dados foram transformados por $\log(x+10)$ para a realização de comparações entre biótipos e entre épocas, pelo teste de Tukey.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância demonstrou interação entre os fatores estação de crescimento e época de avaliação para todos os parâmetros

avaliados, com exceção da taxa de crescimento relativo. Optou-se, portanto, pela análise de todos os parâmetros dentro de cada estação de crescimento (outono e primavera).

No experimento iniciado no outono, a análise de variância mostrou significância para o fator época de avaliação para todos os parâmetros avaliados, mas não apresentou significância para a interação biótipo x época (Tabela 1). O efeito simples para biótipo também não foi significativo, com exceção do parâmetro razão de peso foliar.

No experimento iniciado na primavera, houve interação entre época de avaliação e biótipo para todos os parâmetros, com exceção da área foliar específica (Tabela 1). As médias de AFE decresceram ao longo do tempo, não havendo diferenças entre os biótipos avaliados (Tabela 2).

Tabela 2 - Área foliar específica (AFE) dos biótipos de *E. heterophylla* oriundos de Não-Me-Toque, Rio Pardo, Porto Alegre e Passo Fundo, calculada em quatro períodos distintos. Experimento iniciado na primavera. UFRGS, Faculdade de Agronomia, Porto Alegre-RS, 1998

Biótipo	Área foliar específica (cm ² g ⁻¹)				
	----- DAE -----				
	23	33	43	53	Média
Não-Me-Toque (R)	0,300	0,184	0,174	0,146	0,201
Rio Pardo (R)	0,256	0,228	0,196	1,174	0,213
Porto Alegre (S)	0,276	0,229	0,162	0,159	0,206
Passo Fundo (R)	0,295	0,250	0,190	0,154	0,222
Média	0,282 a*	0,223 b	0,180 c	0,158 c	

* Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 1 - Quadrados médios (QM) e coeficientes de variação (CV) calculados para os parâmetros de crescimento avaliados nos experimentos conduzidos no outono e na primavera. Dados transformados por $\log(x+10)$

	Experimento Outono					Experimento Primavera				
	TCR	TAL	RAF	RPF	AFE	TCR	TAL	RAF	RPF	AFE
	QM					QM				
Avaliação (A)	0,0009	0,098	0,0002	0,0008	0,0004	0,0011	0,1309	0,0001	0,0002	0,0003
Biótipo (B)	0,0001	0,015	0,00002	0,0003	0,00002	0,00003	0,0076	0,00003	0,0002	0,00004
A * B	0,0001	0,0077	0,00001	0,00004	0,00001	0,0001	0,0186	0,00001	0,0001	0,00002
CV	0,42	4,43	0,058	0,21	0,099	0,26	3,61	0,039	0,16	0,126

A RPF do biótipo de Rio Pardo decresceu com o tempo, enquanto a de Não-Me-Toque apresentou decréscimo na avaliação aos 43 DAE (Tabela 3). A RPF dos biótipos de Porto Alegre e Passo Fundo não variaram com o decorrer do tempo. A RPF do biótipo de Não-Me-Toque superou a do biótipo de Passo Fundo aos 23, a de Passo Fundo e Rio Pardo aos 33 e a de todos aos 53 DAE, ou seja, o biótipo de Não-Me-Toque exportou, em média, menos fotoassimilados das folhas para outras partes da planta, em relação aos outros biótipos.

Tabela 3 - Razão de peso foliar (RPF) dos biótipos de *E. heterophylla* oriundos de Não-Me-Toque, Rio Pardo, Porto Alegre e Passo Fundo, calculada em quatro períodos distintos. Experimento iniciado na primavera. UFRGS, Faculdade de Agronomia, Porto Alegre-RS, 1998

Biótipo	Razão de peso foliar (g g ⁻¹)			
	----- DAE -----			
	23	33	43	53
Não-Me-Toque (R)	a 0,377 A	a 0,386 A	b 0,21 A	a 0,418 A
Rio Pardo (R)	a 0,333 AB	ab 0,269 B	b 0,212 A	b 0,224 B
Porto Alegre (S)	a 0,325 AB	a 0,326 AB	a 0,276 A	a 0,270 B
Passo Fundo (R)	a 0,277 B	a 0,295 B	a 0,237 A	a 0,227 B

* Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5%.

O produto de AFE e RPF resulta no índice razão de área foliar (RAF). Este componente dá uma idéia do “enfolhamento” das plantas, isto é, exprime a razão entre a área foliar e a matéria seca total das plantas, representando um componente morfológico de TCR. A RAF decresceu com o decorrer do tempo (Tabela 4), pois com o crescimento aumenta o auto-sombreamento das folhas inferiores e a tendência é diminuir a área foliar a partir de certo período (Benincasa, 1988). Enquanto para os biótipos de Porto Alegre e Passo Fundo a RAF foi menor nas duas últimas avaliações, para os de Não-Me-Toque e Rio Pardo a RAF decresceu desde 33 DAE (Tabela 4). Diferenças de RAF entre os biótipos foram observadas somente aos 23 e 53 DAE. Aos 23 DAE, o biótipo de Não-Me-Toque superou os demais, enquanto aos 53 DAE este biótipo superou apenas os de Rio Pardo e de Passo Fundo.

Inconsistência em diferenças de RAF no decorrer do ciclo de desenvolvimento entre

biótipos R e S de *Kochia scoparia* também foi demonstrada por Christoffoleti et al. (1997). Já Gray et al. (1995) não constataram diferenças de RAF entre biótipos de *Abutilon theophrasti* resistentes e suscetíveis a atrazina.

A eficiência fotossintética, avaliada por TAL, declinou com a aproximação das últimas avaliações, com exceção do biótipo oriundo de Porto Alegre, que não mostrou diferenças significativas (Tabela 5). A TAL não foi diferente entre os biótipos em todas as épocas avaliadas.

Tabela 4 - Razão de área foliar (RAF) dos biótipos de *E. heterophylla* oriundos de Não-Me-Toque, Rio Pardo, Porto Alegre e Passo Fundo, calculada em quatro períodos distintos. Experimento iniciado na primavera. UFRGS, Faculdade de Agronomia, Porto Alegre-RS, 1998

Biótipo	Razão de área foliar (cm ² g ⁻¹)			
	----- DAE -----			
	23	33	43	53
Não-Me-Toque (R)	a 0,113 A	b 0,071 A	c 0,037 A	b 0,061 A
Rio Pardo (R)	a 0,084 B	b 0,061 A	bc 0,041 A	c 0,039 B
Porto Alegre (S)	a 0,088 B	a 0,075 A	b 0,044 A	b 0,043 AB
Passo Fundo (R)	a 0,081 B	a 0,074 A	b 0,044 A	b 0,035 B

* Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 5 - Taxa de Assimilação Líquida (TAL) dos biótipos de *E. heterophylla* oriundos de Não-Me-Toque, Rio Pardo, Porto Alegre e Passo Fundo, calculada em quatro períodos distintos. Experimento iniciado na primavera. UFRGS, Faculdade de Agronomia, Porto Alegre-RS, 1998

Biótipo	Taxa de assimilação líquida (g cm ⁻² d ⁻¹)			
	----- DAE -----			
	23	33	43	53
Não-Me-Toque (R)	1,626 ab	3,563 a	- 0,463 c	0,016 bc
Rio Pardo (R)	2,063 ab	4,006 a	0,149 b	0,798 b
Porto Alegre (S)	1,569 a	1,74 a	0,394 a	0,963 a
Passo Fundo (R)	3,257 a	1,552 ab	1,275 ab	- 0,061 b

* Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5%.

As TCR de todos os biótipos decresceram com o decorrer do tempo, observando-se, em geral, valores inferiores nas duas últimas avaliações em relação aos dois períodos iniciais, com exceção do biótipo de Porto Alegre (Tabela 6). Em todas as épocas avaliadas, a TCR não foi diferente entre os biótipos.



Tabela 6 - Taxa de crescimento relativo (TCR) dos biótipos de *E. heterophylla* oriundos de Não-Me-Toque, Rio Pardo, Porto Alegre e Passo Fundo, calculada em quatro períodos distintos. Experimento iniciado na primavera. UFRGS, Faculdade de Agronomia, Porto Alegre-RS, 1998

Biótipo	Taxa de crescimento relativo (g g ⁻¹ d ⁻¹)			
	----- DAE -----			
	23	33	43	53
Não-Me-Toque (R)	0,184 a	0,249 a	-0,001 b	0,002 b
Rio Pardo (R)	0,172 a	0,243 a	0,006 b	0,03 b
Porto Alegre (S)	0,134 a	0,13 a	0,017 a	0,045 a
Passo Fundo (R)	0,269 a	0,115 b	0,056 b	-0,001 b

* Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5%.

Outros trabalhos também não evidenciam diferenças de TCR e TAL entre biótipos suscetíveis e resistentes às triazinas (Gray et al., 1995) e inibidores de ALS (Christoffoleti et al., 1997). Da mesma forma, biótipos resistentes e suscetíveis aos inibidores de ALS não apresentaram diferenças em TCR (Thompson et al., 1994; Gill et al., 1996). Entretanto, um biótipo suscetível aos inibidores de ALS foi superior ao biótipo R (Alcocer-Ruthling et al., 1992), enquanto um biótipo suscetível às triazinas foi superior ao biótipo R somente nos estádios mais avançados de desenvolvimento (Sereda et al., 1996).

Considerando-se que AFE e RPF são constituintes de RAF, as diferenças entre RPF de biótipos se refletiram na RAF de forma diluída, porque AFE não foi significativo para biótipos. Da mesma forma, as diferenças de RAF entre biótipos não se refletiram na TCR, provavelmente devido à falta de significância de TAL entre os biótipos.

A ausência de diferenças de TCR sugere equivalência de produtividade entre biótipos e, portanto, sua equivalência competitiva. Neste caso, o biótipo resistente não levaria vantagem ou desvantagem na competição com biótipos suscetíveis aos herbicidas inibidores de ALS, quando cultivados na ausência da aplicação destes herbicidas. No entanto, a extrapolação desses resultados para o campo é difícil, em razão da variabilidade de controle ontogenético entre populações e de limitações ambientais, bem como da importância potencial de outras características em determinar a estrutura da

comunidade (Grime & Hunt, 1975). Além disso, como os biótipos utilizados neste experimento provêm de locais distintos, as diferenças observadas poderiam ser causadas pela adaptabilidade a regiões ecológicas diferenciadas. Respostas diferentes poderiam ser obtidas se estes biótipos fossem comparados em outros locais, tendo em vista a adaptabilidade diferenciada para ambientes particulares.

LITERATURA CITADA

- AHRENS, W.H., STOLLER, E.W. Competition, growth rate, and CO₂ fixation in triazine-susceptible and resistant smooth pigweed (*Amaranthus hybridus*). **Weed Sci.**, v.31, p.438-444, 1983.
- ALCOCER-RUTHLING, M., THILL, D.C., SHAFII, B. Differential competitiveness of sulfonylurea resistant and susceptible prickly lettuce (*Lactuca serriola*). **Weed Technol.**, v.6, p.303-309, 1992.
- BENINCASA, M.M.P. **Análise do crescimento de plantas**. Jaboticabal: FUNEP, 1988. 42p.
- CHRISTOFFOLETI, P.J., WESTRA, P., MOORE, F. Growth analysis of sulfonylurea-resistant and susceptible kochia (*Kochia scoparia*). **Weed Sci.**, v.45, p.691-695, 1997.
- GILL, G.S., CONSENS, R.D., ALLAN, M.R. Germination, growth, and development of herbicide resistant and susceptible populations of rigid ryegrass (*Lolium rigidum*). **Weed Sci.**, v.44, p.252-256, 1996.
- GRAY, J.A., STOLTENBERG, D.A., BALKE, N.E. Productivity and intraspecific competitive ability of a velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) biotype resistant to atrazine. **Weed Sci.**, v.43, p.619-626, 1995.
- GRESSEL, J., SEGEL, L.A. Modeling the effectiveness of herbicide rotations and mixtures as strategies to delay or preclude resistance. **Weed Technol.**, v.4, p.186-198, 1990.
- GRIME, J.P., HUNT, R. Relative growth rate: its range and adaptive significance in a local flora. **J. Ecol.**, v.63, p.393-422, 1975.
- HART, J.J., RADOSEVICH, S.R., STEMLER, A. Influence of light intensity on growth of triazine-resistant rapeseed (*Brassica napus*). **Weed Res.**, p.349-356, 1992.

- HEAP, I.M. The occurrence of herbicide-resistant weeds worldwide. **Pest. Sci.**, v.51, p.225-234, 1997.
- HOLT, J.S., RADOSEVICH, S.R. Differential growth of two common groundsel (*Senecio vulgaris*) biotypes. **Weed Sci.**, v.31, p.112-120, 1983.
- MAXWELL, B.D., ROUSH, M.L., RADOSEVICH, J.R. Predicting the evolution and dynamics of herbicide resistance in weed populations. **Weed Technol.**, v.4, p.2-13, 1990.
- POORTER, H., REMKES, C. Leaf area ratio and net assimilation rate of 24 wild species differing in relative growth rate. **Oecologia**, v.83, p.553-559, 1990.
- PUTWAIN, P.D., MORTIMER, A.M. The resistance of weeds to herbicides: rational approaches for containment of a growing problem. In: BRIGHTON CROP PROTECTION CONFERENCE – Weeds, 1989, **Proceedings...** 1989. p.285-294.
- RADFORD, P. J. Growth analysis formulae – their use and abuse. **Crop Sci.**, v.7, p.171-175, 1967.
- RADOSEVICH, S., HOLT, J., GHERSA, C. Weed ecology: **implications for management**. New York: John Wiley & Sons, 1997. 588p.
- SEREDA, B., ERASMUS, D.J., COETZER, R.L.J. Resistance of *Amaranthus hybridus* to atrazine. **Weed Res.**, v.36, p.21-30, 1996.
- THOMPSON, C.R., THILL, D.C., SHAFII, B. Growth and competitiveness of sulfonylurea-resistant and susceptible kochia (*Kochia scoparia*). **Weed Sci.**, v.42, p.172-179, 1994.
- VIDAL, R.A. Herbicidas: **mecanismos de ação e resistência de plantas**. Porto Alegre: R.A Vidal, 1997. 165p.
- VIDAL, R.A., MEROTTO Jr., A. Resistência de amendoim-bravo aos herbicidas inibidores da enzima acetolactato sintase. **Planta Daninha**, v.17, p.367-373, 1999.