

UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**RESISTÊNCIA DE *Echium plantagineum* L. AOS
HERBICIDAS INIBIDORES DA ENZIMA
ACETOLACTATO SINTASE (ALS)**

SABRINA TOLOTTI PERUZZO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da UPF, para obtenção do título de Mestre em Agronomia – Área de concentração em Produção e Proteção de Plantas.

Passo Fundo, maio de 2016

UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**RESISTÊNCIA DE *Echium plantagineum* L. AOS
HERBICIDAS INIBIDORES DA ENZIMA
ACETOLACTATO SINTASE (ALS)**

SABRINA TOLOTTI PERUZZO

Orientador: Prof. Dr. Mauro Antônio Rizzardi

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da UPF, para obtenção do título de Mestre em Agronomia – Área de concentração em Produção e Proteção de Plantas.

Passo Fundo, maio de 2016



PPGAgro

Programa de Pós-Graduação em Agronomia
Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária - FAMV

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a Dissertação.

**"RESISTÊNCIA DE *Echium plantagineum* L. AOS HERBICIDAS INIBIDORES DA ENZIMA
ACETOLACTATO SINTASE (ALS)"**

Elaborada por

Sabrina Tolotti Peruzzo

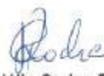
Como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestra em
Agronomia – Produção e Proteção de Plantas

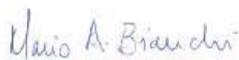
Aprovada em: 05/05/2016
Pela Comissão Examinadora


Dr. Mauro Antônio Rizzardi
Presidente da Comissão Examinadora
Orientador


Dra. Eunice Oliveira Calvete
Coord. Prog. Pós-Graduação em Agronomia


Dr. Anderson Luis Nunes
IFRS - Sertão


Dr. Hélio Carlos Rocha
Diretor FAMV


Dr. Mário Antônio Bianchi
CCGL/Unicruz

CIP – Catalogação na Publicação

- P471r Peruzzo, Sabrina Tolotti
Resistência de *Echium plantagineum* L. aos herbicidas inibidores da enzima acetolactato sintase (ALS) / Sabrina Tolotti Peruzzo. – 2016.
110 f. : il., color. ; 25 cm.
- Orientador: Prof. Dr. Mauro Antônio Rizzardi.
Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de Passo Fundo, 2016.
1. Trigo – Resistência à doenças e pragas. 2. Trigo – Aspectos genéticos. 3. Herbicidas. 4. Resistência.
I. Rizzardi, Mauro Antônio, orientador. II. Título.

CDU: 633.11

Catalogação: Bibliotecária Cristina Troller - CRB 10/1430

“Determinação coragem e autoconfiança são fatores decisivos para o sucesso. Se estamos possuídos por uma inabalável determinação conseguiremos superá-los. Independentemente das circunstâncias, devemos ser sempre humildes, recatados e despídos de orgulho”.

Dalai Lama

AGRADECIMENTOS

A Deus pela força e coragem e por ter iluminado o meu caminho, durante essa jornada.

Aos meus pais, Pedro e Rosane, por terem me ensinado os valores como educação, honestidade, respeito, perseverança. Obrigada pelo amor, carinho.

Ao meu irmão, Felipe, pelo amor, apoio, ajuda e amizade.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Mauro Antônio Rizzardi, pelo conhecimento transmitido, pela paciência, incentivo e amizade. Obrigada.

À UPF e à Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, pela estrutura necessária para o desenvolvimento e condução do projeto.

À CAPES, pela concessão da bolsa do curso de Mestrado.

Aos professores do PPGAgro, pelo conhecimento e pela amizade.

À equipe do Laboratório de Ecofisiologia de Plantas Daninhas, pelo auxílio no trabalho de campo e pela amizade. Obrigada.

Aos funcionários da UPF, pela ajuda e amizade.

Aos amigos e demais familiares, que sempre me apoiaram e incentivaram para que eu chegasse até aqui.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE FIGURAS	xi
RESUMO	14
ABSTRACT	16
1 INTRODUÇÃO	18
2 REVISÃO DE LITERATURA	21
CAPÍTULO I	30
RESUMO	30
ABSTRACT	31
1 INTRODUÇÃO	33
2 MATERIAL E MÉTODOS	35
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
4 CONCLUSÃO	49
CAPÍTULO II	50
RESUMO	50
ABSTRACT	51
1 INTRODUÇÃO	53
2 MATERIAL E MÉTODOS	55
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	58
4 CONCLUSÃO	62
CAPÍTULO III	63
RESUMO	63
ABSTRACT	64
1 INTRODUÇÃO	66
2 MATERIAL E MÉTODOS	68
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	70
4 CONCLUSÃO	78
CAPÍTULO IV	79
RESUMO	79
ABSTRACT	80
1 INTRODUÇÃO	82
2 MATERIAL E MÉTODOS	84
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	88
4 CONCLUSÃO	98
CONSIDERAÇÕES FINAIS	99
REFERÊNCIAS	100

LISTA DE TABELAS

Tabela		Página
CAPÍTULO I		
1	Dose necessária para controlar 50% das plantas em relação as plantas não tratadas (DL50) e fator de resistência (F) dos biótipos resistente (R) e suscetível (S) de <i>Echium plantagineum</i> aos 14 e 35 dias após aplicação (DAA) de metsulfurom metílico. FAMV-UPF, Passo Fundo, RS, 2015.....	41
2	Dose necessária para reduzir a massa seca das plantas em 50% das plantas em relação as plantas não tratadas (DL50) e fator de resistência (F) dos biótipos resistente (R) e suscetível (S) de <i>Echium plantagineum</i> aos 14 e 35 dias após aplicação (DAA) de metsulfurom metílico. FAMV-UPF, Passo Fundo, RS, 2015.....	45
3	Dose necessária para reduzir o porte das plantas em 50% em relação as plantas não tratadas (DL50) e fator de resistência (F) dos biótipos resistente (R) e suscetível (S) de <i>E. plantagineum</i> aos 14 e 35 dias após aplicação (DAA) de metsulfurom metílico. FAMV-UPF, Passo Fundo, RS, 2015.....	48
CAPÍTULO II		
1	Tratamentos herbicidas e doses utilizadas no controle de <i>Echium plantagineum</i> . FAMV/UPF, Passo Fundo, RS, 2015.....	57

Tabela		Página
2	Controle (%) de biótipos resistente (R) e suscetível (S) de <i>Echium plantagineum</i> ao herbicida metsulfurom metílico, 14 e 35 dias após aplicação (DAA). FAMV-UPF, Passo Fundo, RS, 2015.....	59
3	Massa seca de biótipos resistente (R) e suscetível (S) de <i>Echium plantagineum</i> ao herbicida metsulfurom metílico, 14 e 35 dias após aplicação (DAA). FAMV-UPF, Passo Fundo, RS, 2015.....	60

CAPÍTULO IV

1	Diferenças relativas de produtividade (DPR) e produtividade relativa total (PRT), para massa seca da parte aérea, nas proporções 75/25, 50/50 e 25/75 de plantas de trigo associadas com o biótipo R. FAMV-UPF, Passo Fundo, RS, 2015.....	90
2	Índices de competitividade de trigo e biótipo R, expressos por competitividade relativa (CR), coeficientes de agrupamento relativo (K) e agressividade (A). FAMV-UPF, Passo Fundo, RS, 2015.....	91
3	Resposta do trigo à interferência com biótipo R, aos 60 dias após a emergência. FAMV-UPF, Passo Fundo, RS, 2015.....	91
4	Diferenças relativas de produtividade (DPR) e produtividade relativa total (PRT), para massa seca da parte aérea, nas proporções 75/25, 50/50 e 25/75 de plantas de trigo associadas com o biótipo S. FAMV-UPF, Passo Fundo, RS, 2015.....	93
5	Índices de competitividade de trigo e biótipo S, expressos por competitividade relativa (CR), coeficientes de agrupamento relativo (K) e agressividade (A). FAMV-UPF, Passo Fundo, RS, 2015.....	94

Tabela		Página
6	Resposta do trigo à interferência com biótipo S, aos 60 dias após a emergência. FAMV-UPF, Passo Fundo, RS, 2015.....	95
7	Diferenças relativas de produtividade (DPR) e produtividade relativa total (PRT), para massa seca da parte aérea, nas proporções 75/25, 50/50 e 25/75 de <i>Echium plantagineum</i> associadas, biótipo R e S. FAMV-UPF, Passo Fundo, RS, 2015.....	96
8	Índices de competitividade de trigo e biótipos R e S, expressos por competitividade relativa (CR), coeficientes de agrupamento relativo (K) e agressividade (A). FAMV-UPF, Passo Fundo, RS, 2015.....	97
9	Resposta do biótipo R, à interferência com o biótipo S, aos 60 dias após a emergência. FAMV-UPF, Passo Fundo, RS, 2015.....	97

LISTA DE FIGURAS

Figura	CAPÍTULO I	Página
1	Controle (%) de <i>Echium plantagineum</i> e parâmetros da equação aos 14 dias após aplicação de metsulfurom metílico para biótipos resistente (R) e suscetível (S). FAMV-UPF, Passo Fundo, RS, 2015.....	39
2	Controle (%) de <i>Echium plantagineum</i> e parâmetros da equação aos 35 dias após aplicação de metsulfurom metílico para biótipos resistente (R) e suscetível (S). FAMV-UPF, Passo Fundo, RS, 2015.....	40
3	Massa seca (%) de <i>Echium plantagineum</i> em relação à parcela sem herbicida e parâmetros da equação para os biótipos resistente (R) e suscetível (S) 14 dias após aplicação de metsulfurom metílico. FAMV-UPF, Passo Fundo, RS, 2015.....	42
4	Massa seca (%) de <i>Echium plantagineum</i> em relação à parcela sem herbicida e parâmetros da equação para os biótipos resistente (R) e suscetível (S) 35 dias após aplicação de metsulfurom metílico. FAMV-UPF, Passo Fundo, RS, 2015.....	43
5	Redução de porte (%) de <i>Echium plantagineum</i> e parâmetros da equação para biótipos resistente (R) e suscetível (S) os aos 14 dias após aplicação de metsulfurom metílico. FAMV-UPF, Passo Fundo, RS, 2015.....	46
6	Redução de porte (%) de <i>Echium plantagineum</i> e parâmetros da equação para biótipos resistente (R) e suscetível (S) os aos 14 dias após aplicação de metsulfurom metílico. FAMV-UPF, Passo Fundo, RS, 2015.....	47

Figura	CAPÍTULO II	Página
1	Controle de biótipos resistente (R) e suscetível (S) de <i>Echium plantagineum</i> aos 35 dias após aplicação dos herbicidas (1-Testemunha; 2-metsulfurom metílico; 3- iodossulfurom metílico; 4- imazetapir; 5- cloransulam metílico; 6- 2,4 -D; 7- paraquate; 8- glifosato; 9- bentazona; 10- saflufenacil). FAMV-UPF, Passo Fundo, RS, 2015.....	61
 CAPÍTULO III 		
1	Temperatura diária em casa de vegetação ao longo do desenvolvimento de <i>Echium plantagineum</i>	69
2	Acúmulo de massa seca de biótipos resistente (R) e suscetível (S) de <i>Echium plantagineum</i> ao longo de seu ciclo de desenvolvimento. A- massa seca de parte aérea (MSPA), B- massa seca de raiz (MSR).....	71
3	Acúmulo de massa seca total (MST) de biótipo resistente (R) e suscetível (S) de <i>Echium plantagineum</i> ao longo de seu ciclo de desenvolvimento.....	72
4	Sistema radicular de biótipos resistente e suscetível de <i>Echium plantagineum</i> aos 14 e 56 dias após a emergência (DAE).....	73
5	Distribuição percentual de massa seca de parte aérea e massa seca de raiz de biótipos resistente (R) e suscetível (S) de <i>Echium plantagineum</i> ao longo de seu ciclo de desenvolvimento.....	74
6	Taxa de crescimento relativo (TCR) de biótipos resistente (R) e suscetível (S) de <i>Echium plantagineum</i> ao longo de seu ciclo de desenvolvimento.....	75
7	Área foliar (AF) de biótipos resistente (R) e suscetível (S) de <i>Echium plantagineum</i> ao longo de seu ciclo de desenvolvimento.....	76

Figura	Página
8	Taxa de crescimento da cultura (TCC) e taxa de crescimento absoluto (TCA) de biótipos resistente (R) e suscetível (S) de <i>Echium plantagineum</i> ao longo de seu ciclo de desenvolvimento.....
	77

CAPÍTULO IV

1	Produtividade relativa (PR) e total (PRT) para massa seca da parte aérea de plantas de trigo e biótipo R, em função da proporção de plantas. FAMV-UPF, Passo Fundo, RS, 2015. (▲) PR do cultivar de trigo, (●) PR do biótipo R e (■) PRT. Linhas tracejadas representam as produtividades relativas hipotéticas, quando não ocorre interferência de uma espécie sobre a outra.....	89
2	Produtividade relativa (PR) e total (PRT) para massa seca da parte aérea de plantas de trigo e biótipo S, em função da proporção de plantas. FAMV-UPF, Passo Fundo, RS, 2015. (▲) PR do cultivar de trigo, (●) PR do biótipo S e (■) PRT. Linhas tracejadas representam as produtividades relativas hipotéticas, quando não ocorre interferência de uma espécie sobre a outra.....	92
3	Produtividade relativa (PR) e total (PRT) para massa seca da parte aérea de plantas do biótipo R e biótipo S, em função da proporção de plantas. FAMV-UPF, Passo Fundo, RS, 2015. (●) PR do biótipo R, (▲) PR do biótipo S e (■) PRT. Linhas tracejadas representam as produtividades relativas hipotéticas, quando não ocorre interferência de uma espécie sobre a outra.....	96

**RESISTÊNCIA DE *Echium plantagineum* L. AOS
HERBICIDAS INIBIDORES DA ENZIMA ACETOLACTATO
SINTASE (ALS)**

SABRINA TOLOTTI PERUZZO¹

RESUMO – *Echium plantagineum* L. (EHIPL) é uma ameaça recente às áreas de cultivo de trigo devido à resistência aos herbicidas inibidores da ALS. Com os objetivos de confirmar a resistência de EHIPL ao herbicida metsulfurom metílico, avaliar a existência de resistência múltipla e cruzada, caracterizar o desenvolvimento e conhecer a habilidade competitiva dessa espécie, conduziram-se experimentos em casa de vegetação, no ano de 2015. O experimento realizado para confirmar a resistência ao herbicida metsulfurom metílico constou do uso de biótipo com suspeita de resistência (biótipo R) e suscetível (biótipo S) e dez doses crescentes do herbicida. Foram avaliados controle, massa seca (MS) e redução de porte. Empregou-se regressão, utilizando modelos não lineares para o ajuste da curva de dose resposta. O biótipo R apresentou elevado grau de resistência ao herbicida metsulfurom metílico. Para avaliar a existência de resistência múltipla e cruzada e controle com herbicidas alternativos, o experimento constou da combinação dos biótipos R e S e 9 herbicidas (metsulfurom metílico, saflufenacil, iodossulfurom metílico, imazetapir, cloransulam metílico, paraquate, bentazona, 2,4-D, glifosato) e testemunha sem aplicação. Avaliaram-se controle e MS. O biótipo R possui resistência cruzada aos

¹ Eng. Agrônoma, aluna de mestrado do Programa de Pós-graduação em Agronomia (PPGAgro) da FAMV/UPF, Área de Concentração em Proteção de Plantas.

herbicidas inibidores da enzima ALS. Porém, não possui resistência múltipla a glifosato, bentazona, safufenacil, 2,4-D e paraquate demonstrando assim que esses herbicidas podem ser utilizados como alternativa de controle. Para a análise de crescimento utilizaram-se os biótipos R e S e oito épocas de avaliações. Foi analisada a área foliar e MS e a partir dessas avaliações determinou-se a taxa de crescimento relativo (TCR), taxa de crescimento absoluto (TCA) e taxa de crescimento da cultura (TCC). Com base na TCR é possível inferir que o biótipo R apresenta maior crescimento e desenvolvimento que o biótipo S. Para avaliar a habilidade competitiva dos biótipos R e S em relação à cultura do trigo, conduziram-se três experimentos arranjados em série de substituição: 1-trigo com biótipo R, 2- trigo com biótipo S e 3- biótipo R com biótipo S. As proporções foram: 100:0, 75:25, 50:50, 25:75 e 0:100. A competitividade foi analisada por meio de diagramas aplicados a experimentos substitutivos e índices de competitividade, com base na avaliação de MS. Os biótipos R e S demonstraram ser menos competitivos que o trigo. A competitividade do biótipo R foi inferior que a do biótipo S.

Palavras-chave: análise de crescimento, habilidade competitiva, resistência cruzada, resistência múltipla.

***Echium plantagineum* L. RESISTANCE TO ACETOLACTATE
SYNTHASE (ALS) INHIBITOR HERBICIDES**

ABSTRACT - *Echium plantagineum* L. (EHIPL) is a new threat to the areas where wheat is sown due to the resistance to ALS inhibitor herbicides. Aiming to confirm the *E. plantagineum* resistance to metsulfurom methyl herbicide, evaluate the existence of multiple and cross resistance, characterize the development and know the competitive ability of this species, experiments were led in the greenhouse in 2015. The experiment conducted to confirm the resistance to metsulfurom methyl herbicide consisted of the use of biotype with suspected resistance (biotype R) and susceptible (biotype S) and ten increasing doses of the herbicide. The control, dry matter (DM) and size reduction were evaluated. Regression was employed, using non-linear models for the adjustment of the dose-response curve. The R biotype performed high degree of resistance to metsulfurom methyl herbicide. To evaluate the existence of multiple and cross resistance and control with alternative herbicides, the experiment consisted of the combination of R and S biotypes and 9 herbicides (metsulfurom methyl, saflufenacil, iodossulfurom imazethapyr methyl, cloransulam methyl, paraquat, bentazone, 2,4- D, glyphosate) and control without application. Control and DM were assessed. The biotype R has cross-resistance to ALS enzyme inhibiting herbicides. However does not have multiple resistance to glyphosate, bentazone, safufenacil, 2,4-D and paraquat demonstrating that such herbicides may be used as an alternative control. For growth analysis, the R and S

biotypes and eight times assessments were used. Leaf area and DM were analyzed and from these assessments, the relative growth rate (RGR), absolute growth rate (AGR) and crop growth rate (CGR) was determined. Based on RGR is possible to infer that the R biotype shows higher growth and development than biotype S. To evaluate the competitive ability of the biotypes R and S in relation to the wheat crop, three experiments were conducted, arranged in series substitution: 1- wheat with biotype R, 2- wheat with biotype S and 3- biotype R with biotype S. The proportions were: 100:0, 75:25, 50:50, 25:75 and 0: 100. Competitiveness was analyzed through diagrams applied to replacement series and competitiveness indexes based on DM evaluation. The biotypes R and S have proved to be lesser competitive than wheat. The competitiveness of the R biotype was lesser than the S biotype.

Keywords: Growth analysis, competitive ability, cross-resistance, multiple resistance.

1 INTRODUÇÃO

Echium plantagineum L. (EHIPF) é uma espécie nativa do Sul da Europa, pertencente à família Boraginaceae. Inicialmente a espécie foi levada para diferentes regiões com finalidade ornamental. No Brasil sua significância está relacionada a planta infestante, ocorrendo principalmente no Sul do país onde povoa campos nativos e culturas de inverno.

Comumente conhecida por flor-roxa, caracteriza-se por formar uma roseta achatada de folhas sobre o solo no período de inverno. Ao final desse período desenvolve-se um caule, e o florescimento ocorre na primavera. Suas flores são de cor púrpura a violáceas, muito atrativa a abelhas. Plantas emergidas na primavera ou verão permanecem em estágio vegetativo até o próximo inverno para então florescerem. Quando ocorre em lavouras de trigo a competição se dá durante todo o ciclo da cultura.

O elevado grau de variabilidade genética existente entre populações de plantas daninhas resistentes é uma das principais características que permitem a sobrevivência e adaptação das espécies em qualquer condição ambiental de estresse provocado no ambiente.

O uso contínuo de um único herbicida ou mecanismo de ação favorece a seleção de plantas daninhas resistentes, o que torna-se grave problema para as áreas de produção agrícola. A interferência ocasionada entre plantas daninhas e cultura provoca perdas na produção, na qualidade de grãos e no produto final gerando prejuízos aos agricultores.

A resistência de plantas daninhas aos herbicidas assume importância, principalmente em razão ao limitado número de herbicidas alternativos existentes que podem ser utilizados no controle dos biótipos resistentes (AGOSTINETTO, et al., 2002). Porém, o uso em demasia de um único mecanismo facilita a evolução da resistência de plantas daninhas.

Resistência aos herbicidas inibidores da enzima acetolactato sintase (ALS) é a forma mais comum de resistência em populações de plantas daninhas em todo o mundo (WALSH et al., 2007). Isso indica a facilidade com que essa resistência é selecionada.

Inúmeros casos de plantas daninhas resistentes aos herbicidas inibidores da enzima ALS já foram documentados no mundo. Isso se deve ao fato de que em cinco anos após o início do uso de herbicidas inibidores da ALS pode haver o surgimento do primeiro biótipo resistente (VARGAS et al., 2001).

O controle químico de plantas daninhas na agricultura é prática agrícola presente em todos os sistemas de produção, sendo os herbicidas a principal ferramenta de manejo (POWLES & YU, 2010). Em áreas manejadas no período de inverno observou-se controle reduzido de plantas de flor-roxa quando realizado o manejo com o herbicida metsulfurom metílico, inibidor da enzima ALS. Essas plantas quando não manejadas de maneira correta causam prejuízos para a cultura do trigo, uma vez que esse herbicida é uma das poucas alternativas para aplicações em pós – emergência da cultura.

O conhecimento da habilidade competitiva e do desenvolvimento de biótipos resistentes e suscetíveis a herbicidas, é elemento básico na previsão das perdas de rendimento, causadas por

essas espécies, nas culturas. O entendimento sobre os fatores que influenciam o processo de competição e comportamento desses biótipos com as culturas, é de extrema importância para que se consiga traçar estratégias de manejo, que visem a supressão de plantas daninhas nas áreas onde estão presentes.

Diante disso objetivou-se confirmar a resistência de *E. plantagineum* ao herbicida metsulfurom metílico; avaliar a existência de resistência múltipla e cruzada, caracterizar o desenvolvimento e conhecer a habilidade competitiva dessa espécie daninha.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A flor-roxa, comporta-se como planta anual, bienal ou semi-perene dependendo das condições ambientais onde se encontra. Inicialmente, forma uma roseta achatada de folhas sobre o solo durante o inverno, e ao final da estação desenvolve um caule que dará sustentação para as flores as quais desenvolvem na primavera (KISSMANN, 1999).

Herbicidas inibidores da enzima acetolactato sintase (ALS) têm sido utilizados, com frequência, para controlar plantas daninhas em lavouras de inverno (MARCHIORO & FRANCO, 2010). O herbicida mais utilizado para controle de plantas daninhas em conjunto com culturas de inverno, que inclui EHIPL, é o metsulfurom metílico. Os herbicidas inibidores da ALS são amplamente utilizados devido à reduzida toxicidade que apresentam aos mamíferos, ampla seletividade às culturas e elevada eficácia em baixas doses (YU et al., 2003).

Existe elevado número de herbicidas comerciais inibidores da ALS, o que é indicativo da importância para o controle de plantas daninhas em grande número de culturas (SHANER, 1999). Todavia, o uso contínuo de um único mecanismo ou grupo químico, em uma mesma área durante vários anos consecutivos, aumenta a probabilidade de selecionar biótipos resistentes a tal mecanismo de ação. O agricultor, muitas vezes, usa apenas um herbicida durante várias safras agrícolas (POWLES & YU, 2010), o que favorece a seleção de novos biótipos resistentes

Os herbicidas caracterizam-se por atuar como agentes selecionadores dos biótipos resistentes, a intensidade de seleção

depende do número de anos de uso de produtos com o mesmo mecanismo de ação em uma mesma área (VIDAL et al., 2006).

Estudos apontam que a frequência de mutação da resistência inicial para herbicidas inibidores da ALS em plantas daninha é de 10^{-6} ou inferior, sendo que o primeiro biótipo resistente pode surgir com cinco anos ou após o início do uso intensivo desse grupo químico (SAARI et al., 1994). De acordo com Walsh et al. (2001), a resistência se desenvolve de forma rápida aos herbicidas inibidores de ALS.

Tanto a nível mundial quanto no Brasil, os herbicidas inibidores de ALS estão em primeiro lugar no quesito resistência de plantas daninhas, pois são encontrados 157 e 31 casos de resistência a ALS respectivamente (HEAP, 2016).

No Brasil, o primeiro caso de resistência a herbicidas inibidores da enzima ALS ocorreu com *Bidens pilosa*, em 1993. Já os casos mais recentes relatos foram em 2013 com nabo *Raphanus raphanistrum* e *Ageratum conyzoides* (HEAP, 2016). Para a espécie EHIPL também já se tem relato de população resistente aos herbicidas inibidores da enzima ALS o qual foi documentado no ano de 1997 na Austrália (PRESTON, 2006).

A resistência é um fenômeno natural que ocorre espontaneamente em populações de plantas daninhas, porém somente é notada quando ocorre a pressão de seleção pela aplicação de herbicidas pertencentes a um mesmo mecanismo de ação (NEVILL et al., 1998). Diante disso, a resistência de planta daninha é definida como a habilidade de uma planta sobreviver e se reproduzir, após exposição a uma dose de herbicida que normalmente era letal para o biótipo suscetível da planta (HEAP, 2016).

A resistência não pode ser confundida com tolerância de plantas daninhas aos herbicidas. Tolerância é uma característica inata de uma determinada espécie em sobreviver a aplicações de herbicidas, na dose recomendada que normalmente seria letal a outras espécies, sem alterar o crescimento e desenvolvimento (CHRISTOFFOLETI & LÓPEZ-OVEJERO, 2008).

O herbicida nada mais é que o agente selecionador do biótipo resistente através da pressão de seleção, não sendo, o agente mutagênico responsável pelo aparecimento dos genes mutantes que surgem na população por variabilidade genética natural (RIZZARDI et al., 2002). Mesmo os herbicidas sendo ferramentas eficazes de manejo, a dependência excessiva de um único mecanismo de ação, favorece a seleção de populações resistentes (TRANEL & WRIGHT, 2002).

O grau de resistência apresentado pelos biótipos varia entre as populações resistentes, esses podem ser quantificados mediante a DL50 (dose do herbicida em g i.a ha⁻¹ necessária que proporciona 50% de controle ou redução do crescimento da planta daninha) (CHRISTOFFOLETI & LÓPEZ-OVEJERO, 2008).

Como a resistência é uma alteração na base genética dos indivíduos, essas mutações gênicas estão presentes aleatoriamente em todas as populações e somente serão notadas a partir da seleção realizada pelo agente selecionador, no caso das plantas daninhas, por determinado herbicida. Todavia, essa diversidade genética é de fundamental importância para a manutenção das espécies assim como no desenvolvimento da resistência.

Qualquer população em que os indivíduos mostram base genética variável quanto à tolerância a uma medida de controle irá, com

o tempo, mudar sua composição populacional como mecanismo de fuga para sobrevivência, diminuindo a sensibilidade a essa medida de controle (CHRISTOFFOLETI et al., 2000).

As características de resistência que estão presentes nas populações podem ser transmitidas a seus descendentes por sementes e pólen. Quando disseminada pelo pólen e sementes, aumenta o fluxo gênico, conferindo resistência às áreas adjacentes (MONQUEIRO et al., 2000). Em espécies alógamas há maior probabilidade de ocorrência de múltiplos mecanismos de resistência, pois a polinização cruzada permite maior recombinação gênica (CHRISTOFFOLETI & LÓPEZ-OVEJERO, 2008).

Os biótipos resistentes a herbicidas frequentemente apresentam resistência cruzada aos herbicidas pertencentes ao mesmo grupo químico com o qual o biótipo foi selecionado, mas possuem padrões diversos de resistência cruzada a outros grupos químicos de herbicidas inibidores da ALS (RIZZARDI et al., 2002).

A enzima ALS é a primeira enzima na via de biossíntese para os aminoácidos de cadeia ramificada, valina, leucina e isoleucina (RIZZARDI et al., 2002). Catalisa a formação de aceto-hidroxitirato e acetolactato sendo o local de destino de grande número de herbicidas, os quais atuam inibindo a divisão celular (POWLES & YU, 2010). A enzima ALS localiza-se nos cloroplastos de tecidos clorofilados e nos plastídios de tecidos não clorofilados, sendo sua ação mais voltada à inibição em regiões jovens da planta, com predomínio de tecidos meristemáticos

Os herbicidas comumente utilizados que inibem a rota da enzima ALS pertencem aos grupos químicos das imidazolinonas,

sulfoniluréias, triazolpirimidinas e pirimidil (tio) benzoatos. Os herbicidas pertencentes a esse mecanismo ligam-se fortemente à enzima acetolactato sintase, bloqueando o acesso para o seu local ativo (PANG et al., 2003), o que gera uma inibição não – competitiva pelo local de ação.

A enzima ALS representa o mecanismo com o maior número de herbicidas para utilização no mercado (DEVINE & SHUKLA, 2000). Mecanismos de resistência ALS em plantas incluem a redução de translocação de herbicidas, que se deve a um metabolismo melhorado do herbicida na folha tratada, ou a uma alteração local alvo (RIAR et al. 2013).

Em biótipos de plantas resistentes aos inibidores da ALS, nos quais o mecanismo de resistência foi determinado, comprovou-se, a alteração do sítio de ação do herbicida, tornando-se assim os biótipos insensíveis aos herbicidas (BOUTSALIS et al., 1999; RIZZARDI et al., 2002).

Outra característica dos biótipos que apresentam resistência a enzima ALS é que eles não são resistentes a um único grupo químico, mas sim apresentam resistência a mais de um grupo químico pertencente ao mesmo mecanismo.

Em trabalhos realizados com *Cyperus difformis* observou-se que a resistência aos herbicidas inibidores da ALS decorreu da insensibilidade da enzima ao herbicida, porém sem alterar os parâmetros cinéticos da enzima (DAL MAGRO et al., 2010). Alterações no local de ação geralmente são provenientes de mutações a nível de genes que codificam a enzima (DEVINE & SHUKLA, 2000) e que resultam em menor afinidade da enzima com os inibidores, porém

com ausência ou reduzida perda da função enzimática (TRANEL & WRIGHT, 2002).

Em estudos realizados a nível molecular, para averiguar as possíveis mudanças na base genética de populações resistentes de *R. raphanistrum* à enzima ALS, observou-se que a mudança mais comum ocorreu na posição do aminoácido 197 (quando comparado com *Arabidopsis thaliana*) da enzima, que em plantas suscetíveis é prolina, já para a população resistente foi alterada para qualquer um dos aminoácidos histidina, serina, treonina ou alanina (YU et al, 2003). McCullough et al (2016), avaliando a base genética de populações resistente e suscetível de *Cyperus compressus* observaram mudanças na posição 197 do aminoácido prolina para serina.

Uma alternativa para evitar que ocorram mais mutações a nível de DNA é realizar a rotação de mecanismos de ação, para controlar as plantas daninhas, isso com o intuito de retirar a pressão de seleção de um único mecanismo de ação como no caso do ALS. Todavia para que essa alternativa perdure por mais tempo, se faz necessário integrar outras medidas preventivas como as culturais, físicas e mecânicas.

Conforme Morrison & Bourgeois (1995), o manejo sustentável da resistência ou “Manejo inteligente de plantas daninhas” é aquele que adota uma série de medidas, como: culturas mais competitivas através da seleção de cultivares e espaçamento adequado entre linhas, emergência rápida e uniforme pelo uso de sementes com procedência idônea, rotação de culturas para influenciar na quebra de sucessão de plantas daninhas e rotação de mecanismo de ação herbicida.

Porém, para que essas medidas sejam realmente eficientes na prevenção da resistência e que possam ser recomendadas como alternativas para controle dessas plantas daninhas é necessário que se conheça o comportamento biológico tanto do biótipo suscetível quanto ao resistente.

Uma das formas de avaliar qual biótipo (R ou S) é mais competitivo, é através de uma análise de crescimento que leva em consideração o desenvolvimento de ambos os biótipos. Nas recomendações das estratégias de prevenção e manejo da resistência de plantas daninhas aos herbicidas, é fundamental que sejam conhecidas a competitividade e adaptabilidade dos biótipos R e S de plantas daninhas (CHRISTOFFOLETI, 2001).

A análise de crescimento de comunidades vegetais é um dos primeiros passos na análise da produção primária, caracterizando-se, portanto, como o elo entre o registro de rendimento das culturas e a análise desse por meios fisiológicos (MACHADO et al., 2006). Esse tipo de análise é fundamental, pois visa descrever as mudanças na produção vegetal em função do tempo, o que não é possível com o simples registro do rendimento (URCHEI, et al., 2000).

A capacidade de sobrevivência e reprodução de um biótipo em uma população determina a sua adaptabilidade ecológica, a qual depende de características biológicas, como taxas de germinação, crescimento e produção de sementes (CHRISTOFFOLETI, 2001).

Estudos realizados para comparar biótipos resistente e suscetível de algumas plantas daninhas indicaram que o desenvolvimento pode ser maior tanto do biótipo R quanto do biótipo S. Isso evidencia que as espécies se comportam de maneira distinta, pois

cada população apresenta características inatas. Em estudos realizados com *Kochia scoparia* resistente a sulfoniluréias, os resultados mostram que as sementes da população resistente germinam mais rápido que as da população suscetível (DYER et al., 1993).

Outra maneira de compreender melhor o comportamento dos biótipos R e S é por meio entre plantas, pois possibilitam o estudo da competição inter e intra-específica (ROUSH et al., 1989). Esse tipo de experimento apresenta como premissa que a produtividades das misturas possam ser determinadas em comparação à da monocultura e visam dar informações sobre qual espécie presente no meio é mais competitiva (COUSENS, 1991).

A competição entre plantas é uma forma de interação negativa, na qual as plantas envolvidas competem pelos mesmos recursos, os quais tornam - se escassos, o que resulta em prejuízo mútuo as espécies (RADOSEVICH et al., 1997). As culturas podem responder de duas maneiras à competição com plantas daninhas: tolerância, que consiste na habilidade em manter a produtividade em situação de competição; ou supressão, que se refere à capacidade da cultura em reduzir o crescimento das plantas daninhas por efeito de interferência (JANNINK et al., 2000).

Quando as culturas são semeadas em mistura com plantas daninhas, com variação na proporção de plantas, poderá haver vantagem tanto das culturas como das plantas daninhas em competição (DAL MAGRO et al., 2011). Em casos já estudados, as plantas daninhas superaram as culturas, como observado para capim-arroz em competição com arroz (AGOSTINETTO et al., 2008); arroz-vermelho competindo com arroz (FLECK et al., 2008); e nabo competindo com

soja (BIANCHI et al., 2006) ou com trigo (RIGOLI et al., 2008). Em outras situações, onde a cultura mostrou-se melhor competidora que a planta daninha, pode ser observado para azevém competindo com trigo (RIGOLI et al., 2008), *Triticum turgidosecale* foi mais eficiente para que *R. raphanistrum* (YAMAUTI et al., 2011).

Esses estudos que levam em consideração a adaptabilidade dos biótipos são estratégias necessárias para que se consiga otimizar as técnicas de controle de plantas daninhas, com o intuito de não perder a ferramenta controle químico.

CAPÍTULO I

RESISTÊNCIA DE *Echium plantagineum* L. AO HERBICIDA METSULFUROM METÍLICO

SABRINA TOLOTTI PERUZZO¹

RESUMO – O controle de plantas daninhas em cereais de inverno é realizado basicamente com herbicidas inibidores da enzima ALS, destacando-se o uso de metsulfurom metílico. O uso intensivo desse herbicida por meio dos produtores auxilia na seleção de biótipos que passam a não ser mais controlados por esse herbicida. Exemplo disso são as falhas de controle observadas para *E. plantagineum* em lavouras de cereais de inverno. Objetivou-se com o trabalho avaliar a existência de biótipos de *E. plantagineum* resistentes ao herbicida metsulfurom metílico. As unidades experimentais consistiram de vasos plásticos com seis plantas. Os tratamentos resultaram da combinação de dois biótipos com suspeita de resistência (Biótipo R) e suscetível (Biótipo S), com dez doses múltiplas do herbicida metsulfurom metil (0; 0,6; 1,2; 2,4; 4,8; 9,6; 19,2; 38,4; 78,6 e 153,6 g i.a ha⁻¹), que foram arranjados em fatorial 2 x 10, em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. Aos 14 e 35 dias após a aplicação (DAA) foi avaliado controle, massa seca (MS) e redução de porte. Empregou-se regressão, utilizando modelos não lineares de ajuste da curva de dose – resposta. O biótipo S foi suscetível ao herbicida mesmo em doses abaixo de 2,4

¹ Eng. Agrônoma, aluna de mestrado do Programa de Pós-graduação em Agronomia (PPGAgro) da FAMV/UPF, Área de Concentração em Proteção de Plantas.

g i.a. ha⁻¹. O biótipo R foi insensível ao herbicida. As curvas de dose – resposta juntamente com DL50 e fator F confirmaram que o biótipo de *E. plantagineum* apresenta elevado grau de resistência ao herbicida metsulfurom metílico.

Palavras - chave: flor – roxa, herbicida, seleção

***Echium plantagineum* L. RESISTANCE TO METSULFUROM METHYL HERBICIDE**

ABSTRACT - The weed control in winter cereals is accomplished primarily with ALS enzyme inhibitor herbicides, especially the use of metsulfurom methyl. Intensive use of this herbicide by producers helps in selection of biotypes that are now no longer controlled by this herbicide. An example is the control failures observed for *E. plantagineum* in winter cereal crops. The objective of the study was to evaluate the existence of biotypes of *E. plantagineum* resistant to the metsulfurom methyl herbicide. The experimental units consisted of plastic pots with six plants. The treatments resulted from the combination of two biotypes with suspected resistance (Biotype R) and susceptible (Biotype S), with ten multiple doses of the metsulfurom methyl herbicide (0, 0.6, 1.2, 2.4, 4.8, 9.6, 19, 2; 38.4; 78.6 and 153.6 g i.a ha⁻¹), which were arranged in a factorial 2 x 10, in a completely randomized design with four replications. At 14 and 35 days after application (DAA) was evaluated control, dry matter (DM) and size reduction. Regression was employed using non-linear models of

adjustment of the dose-response curve. The biotype S was susceptible to the herbicide even at doses below 2.4 g i.a ha⁻¹. The biotype R was insensitive to the herbicide. The dose-response curves with LD50 and F factor confirmed that the biotypes of *E. plantagineum* show a high degree of resistance to metsulfurom methyl herbicide.

Keywords: purple flower, herbicide, selection.

1 INTRODUÇÃO

O controle químico de plantas daninhas na agricultura é prática agrícola presente em todos os sistemas de produção, sendo os herbicidas a principal ferramenta de manejo (POWLES & YU, 2010). Contudo o uso contínuo de herbicidas com mesmo mecanismo de ação seleciona plantas daninhas resistentes, o que gera grave problema em áreas agrícolas, onde a interferência de plantas daninhas e cultura ocasiona perdas de produtividade (CHRISTOFFOLETI & LÓPEZ-OVEJERO, 2008).

A resistência é um fenômeno natural que ocorre espontaneamente em populações de plantas daninhas, porém somente é notada quando há pressão de seleção imposta pela aplicação de herbicidas pertencentes ao mesmo mecanismo de ação (NEVILL et al., 1998). A resistência de plantas daninhas aos herbicidas é uma resposta evolutiva das espécies ao uso contínuo de herbicidas com o mesmo mecanismo de ação durante anos (MONQUERO & CHRISTOFFOLETI, 2000). Isso assume importância, em razão do limitado número de herbicidas alternativos que são utilizados para o controle dos biótipos resistentes.

O aumento da resistência está condicionado a fatores que relacionam-se as características das plantas, dos herbicidas e dos manejos que são empregados para controlar plantas daninhas presentes em áreas agrícolas. Esse conjunto de fatores quando manejados adequadamente favorecem a seleção da resistência.

Atualmente no mundo são encontrados 461 casos de resistência, onde encontram-se 247 espécies resistentes, sendo 144 com

plantas dicotiledôneas e 103 monocotiledôneas, atualmente se tem registrado 157 herbicidas que apresentam resistência (HEAP, 2016). Sabe-se que o maior número casos de plantas daninhas resistentes estão ligados aos herbicidas pertencentes aos inibidores da enzima acetolactato sintase (ALS), com 157 casos a nível mundial. No Brasil, são encontrados 35 casos de resistência e desses, 21 estão relacionados a enzima ALS (HEAP, 2016).

Echium plantagineum (EHIPL) é uma planta que ocorre no Sul do Brasil, onde inicialmente povoava campos nativos, posteriormente passou a ser observada nas culturas de inverno e migrar para diferentes regiões do Rio Grande do Sul. Essa espécie começou a ser observada em lavouras de trigo e apresenta dificuldade para ser controlada com os herbicidas inibidores da ALS.

Em trabalho realizado na Austrália, constatou-se a resistência de EHIPL ao herbicida metsulfurom metílico, assim como aos demais herbicidas inibidores da enzima ALS testados (PRESTON, 2006).

Entre os herbicidas inibidores da enzima ALS utilizados, destaca-se o uso de metsulfurom metílico, que é amplamente utilizado para o controle de plantas daninhas, nos cultivos de inverno, no Sul do Brasil. Em determinadas áreas de inverno, plantas de EHIPL não tem mais sido controladas pelo herbicida metsulfurom metílico. Essas plantas quando não controladas causam prejuízos e dificultam o manejo das plantas cultivadas em especial para a cultura do trigo onde esse herbicida é uma das poucas alternativas de aplicação em pós emergência da cultura. Diante disso, objetivou-se com esse trabalho

avaliar a existência de biótipos de EHIPL resistentes ao herbicida metsulfurom metílico.

2 MATERIAL E MÉTODOS

No ano 2013, sementes de EHIPL com suspeita de resistência aos herbicidas inibidores da ALS, foram coletadas em áreas onde ocorreram falhas de controle, no município de Tupaciretã, RS. Após a coleta, as sementes foram semeadas em vasos plásticos, em Passo Fundo, RS, e, posteriormente, quando atingiram três a quatro folhas verdadeiras, realizou-se a pré-seleção de biótipos resistentes, com aplicação de 2,4 g i.a ha⁻¹ de metsulfurom metílico (Ally[®]). As plantas que sobreviveram ao tratamento herbicida foram conduzidas até o final do ciclo, para obtenção de sementes, constituindo, assim, a população suspeita de resistência (Biótipo R). Para população suscetível (Biótipo S), coletaram-se plantas de EHIPL, em 2014, no município de Ronda Alta, RS, onde não havia histórico de aplicação de herbicidas inibidores de ALS. Posteriormente, as sementes dessas plantas foram semeadas para compor a população sensível.

O experimento foi desenvolvido no período de maio a julho de 2015, em casa de vegetação. As unidades experimentais consistiram de vasos plásticos de 17 cm de diâmetro e 14 cm de altura, com capacidade volumétrica de 2,5 L, perfazendo área superficial de 0,0453 m², preenchidos com substrato comercial do tipo Turfa Fértil[®]. Em maio de 2015 semearam-se sementes dos biótipos resistente (R) e suscetível (S) sendo os vasos mantidos em casa de vegetação com irrigação intermitente. Após 15 dias da semeadura, realizou-se o

desbaste, mantendo seis plantas por vaso. Quando no estágio de desenvolvimento de três a quatro folhas verdadeiras, os vasos foram retirados da casa de vegetação para aplicação dos herbicidas. A aplicação foi realizada com pulverizador costal de precisão, pontas jato plano XR 11002, na altura de 50 cm acima do alvo com volume de aplicação de 200 L ha⁻¹. Após a aplicação dos herbicidas, os vasos foram levados para a casa de vegetação, permanecendo sem irrigação por 24 horas a fim de não interferir na absorção do herbicida.

Os tratamentos resultaram da combinação de dois biótipos de EHIPL (resistente e suscetível), com dez doses múltiplas do herbicida metsulfurom metil sendo elas (0 D; 0,25 D; 0,50 D; 1 D; 2 D; 4 D; 8 D; 16 D; 32 D; 64 D), em que D é a dose de 2,4 g i.a ha⁻¹ mais utilizada para o controle de plantas daninhas na cultura do trigo. Assim as doses que constituíram os tratamentos foram: 0,0; 0,6; 1,2; 2,4; 4,8; 9,6; 19,2; 38,4; 78,6 e 153,6 g i.a ha⁻¹, que foram arranjados em esquema fatorial 2 x 10, em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. O fator A foi constituído pelos biótipos R e S, e o fator B pelo herbicida e suas respectivas doses comerciais, sendo que foram utilizadas sementes de uma única planta do biótipo R e uma do biótipo S para realizar o experimento. A posição dos vasos foi alterada periodicamente, a fim de obter condições experimentais homogêneas.

Avaliou-se, visualmente, o controle e redução de porte dos biótipos aos 14 e 35 dias após aplicação (DAA) dos herbicidas. Para o controle e redução de porte utilizou-se como base a escala percentual, em que a nota 0% correspondeu a nenhum efeito do herbicida e a nota 100% significou morte completa das plantas do vaso. Avaliações de massa seca (MS) foram realizadas, retirando-se três plantas por vaso

aos 14 DAA e mais três plantas aos 35 DAA e, posteriormente, secas em estufa a 65°C por 72 horas até obter peso constante, quando foi realizada a quantificação da MS em balança de precisão.

Os valores de MS foram transformados para percentuais, partindo-se do princípio de que as parcelas que permaneceram sem aplicação de herbicida possuíam 100% de MS e as demais possuíam percentuais desta biomassa, em consequência da redução imposta pelos herbicidas (BECKIE et al., 2012). Os dados relativos ao percentual de controle e de MS foram normalizados pela transformação em raiz quadrada de $(x + 1)$, para realização da análise de variância.

Os resultados de controle, MS e redução de porte inicialmente foram submetidos à análise de variância e quando significativos ($p < 0,05$) empregou-se análise de regressão, utilizando modelos não lineares de ajuste de curva de dose resposta. Para esse tipo de experimento a resistência confirma-se quando houver diferença estatística na resposta do herbicida entre os biótipos R e S e comprovados por modelos de regressão não linear (BRAIN & COUSENS, 1989).

Para o ajuste da curva dos dados de controle, MS e redução de porte utilizou-se o modelo exponencial de declínio duplo de quatro parâmetros proposto por BECKIE et al., 2012.

Equação 1:

$$Y = a e^{(-b \cdot x)} + c e^{(-d \cdot x)} \text{ onde:}$$

Y = % de controle;

x = é o coeficiente de dose do herbicida (g i.a.ha^{-1});

a= limite inferior;

a+c= limite superior; e

b e d= quantificam a inclinação da curva.

A fim de comparar as respostas, calculou-se, com base nas equações de ajuste da curva, a dose que controla 50% (DL50) das populações R e S ou a porcentagem de redução na produção de massa seca em relação à testemunha (DL50). Considerando-se esses valores, determinou-se o fator de resistência (FR), que representa o número de vezes em que a dose necessária que proporcionar 50% de controle ou de redução na produção de massa seca do biótipo suscetível deve ser aumentada, para que possa ocorrer o mesmo efeito sobre o resistente (GAZZIERO et al., 1998).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância mostrou interação significativa para os fatores biótipos e doses para controle, MS e redução de porte aos 14 e 35 DAA.

O controle obtido com o herbicida metsulfurom metílico variou de acordo com o biótipo avaliado para ambas as épocas estudadas (Figuras 1 e 2). Aos 14 DAA, o controle do biótipo S aumentou com a elevação de dose do herbicida. Nas doses inferiores a 2,4 g i.a ha⁻¹ o controle não superou 50%. A partir da dose de 4,8 g i.a ha⁻¹ o controle aumentou, sendo da ordem de 60,7% na dose de 153,6 g i.a ha⁻¹. O biótipo R apresentou baixa sensibilidade nas doses baixas com controle de 1,6% na dose 2,4 g i.a ha⁻¹. Na dose de 153,6 g i.a ha⁻¹ o controle do biótipo foi de 59,4% (Figura 1).

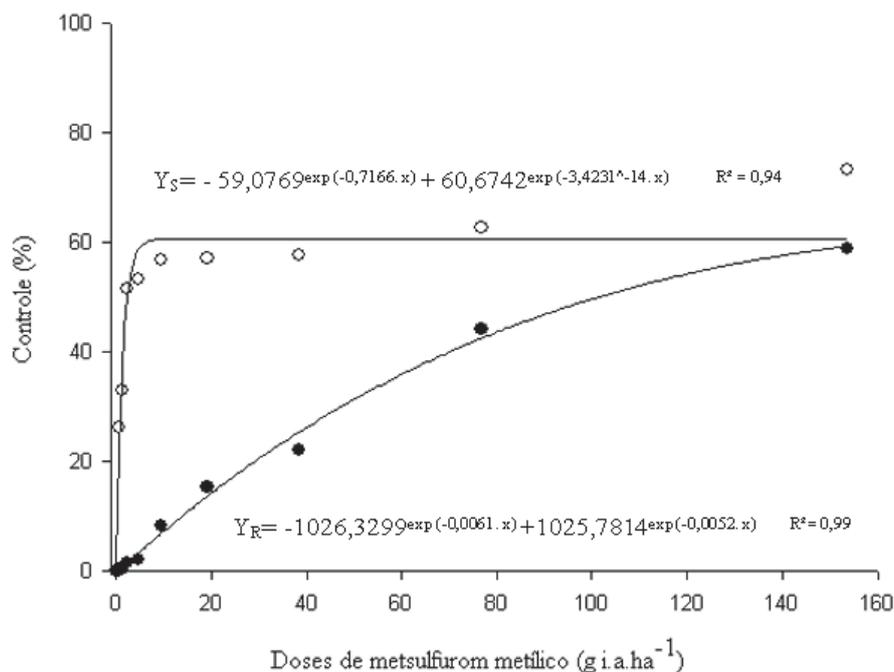


Figura 1- Controle (%) de *Echium plantagineum* e parâmetros da equação aos 14 dias após aplicação de metsulfurom metílico para biótipos resistente (R) e suscetível (S). FAMV-UPF, Passo Fundo, RS, 2015.

Na avaliação de controle aos 35 DAA observou-se resposta diferencial entre os biótipos (Figura 2), ampliando as diferenças entre ambos. Para o biótipo S o controle superou 90% na dose de 2,4 i.a ha⁻¹, chegando a 100% a partir da dose 19,2 g i.a ha⁻¹. O biótipo R por sua vez teve controle de 2,4% na dose de 2,4 g i.a ha⁻¹, já na dose de 153,6 i.a ha⁻¹ atingiu o máximo de 80%.

Resultados semelhantes, encontrados por Costa & Rizzardi (2014) para *Raphanus raphanistrum* L., mostraram que o controle do biótipo S para ambas as épocas avaliadas 14 e 35 DAA ocorreu com

doses inferiores a recomendada (2,4 i.a ha⁻¹), já para o biótipo R essas doses foram superiores.

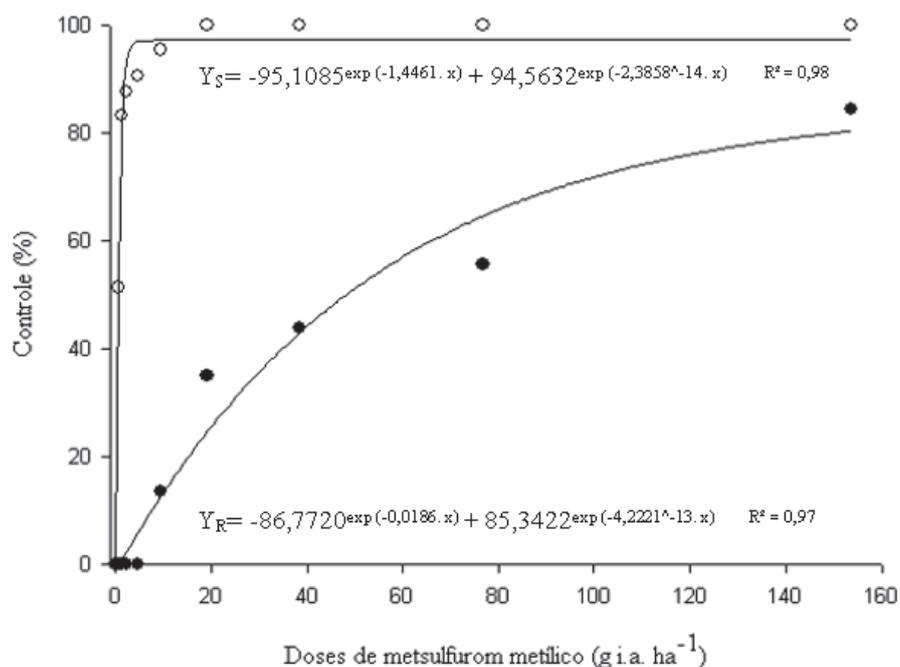


Figura 2- Controle (%) de *Echium plantagineum* e parâmetros da equação aos 35 dias após aplicação de metsulfurom metílico para biótipos resistente (R) e suscetível (S). FAMV-UPF, Passo Fundo, RS, 2015.

A DL 50, calculada a partir dos dados gerados para as curvas das Figuras 1 e 2, aos 14 DAA, indicou a necessidade de 38,2 vezes a dose necessária para controlar 50% do biótipo R quando comparado ao biótipo S (Tabela 1).

Aos 35 DAA a dose necessária para controlar as plantas de flor-roxa foi, ainda, maior para o biótipo R, obtendo fator F de 89,9 vezes a dose necessária que controla 50% da população sensível

(Tabela 1). Comparando-se as duas épocas observou-se que o fator F aos 35 DAA foi mais que o dobro quando comparado aos 14 DAA. Isso está relacionado ao fato de que o herbicida metsulfurom metílico apresenta ação sistêmica e que as sulfoniluréias possuem como característica o controle lento das plantas daninhas suscetíveis (BROWN, 1990).

Tabela 1- Dose necessária para controlar 50% das plantas em relação as plantas não tratadas (DL50) e fator de resistência (F) dos biótipos resistente (R) e suscetível (S) de *Echium plantagineum* aos 14 e 35 dias após aplicação (DAA) de metsulfurom metílico. FAMV-UPF, Passo Fundo, RS, 2015

Biótipo	Época	DL 50	Fator F
R	14	91,2450	38,2
S		2,3879	
R	35	48,2969	89,9
S		0,5373	

Estudo realizado por Christoffoleti (2002) com *Euphorbia heterophylla* encontrou valores de DL50 para o biótipo R superiores aos do biótipo S para todos os herbicidas estudados. No caso do presente estudo também verificou-se o mesmo comportamento para o herbicida estudado, nas duas épocas avaliadas.

A massa seca diferiu entre os biótipos R e S aos 14 e 35 DAA. Aos 14 DAA, para ambos os biótipos R e S, a MS reduziu em relação à testemunha (Figura 3). Na menor dose utilizada (0,6 g i.a ha⁻¹) a redução foi de 22,3 e 36,6% para os biótipos R e S respectivamente.

Na dose de 153,6 g i.a ha⁻¹ a redução de MS para os biótipos R e S em relação a testemunha foi de 58,4 e 76,9% respectivamente (Figura 3).

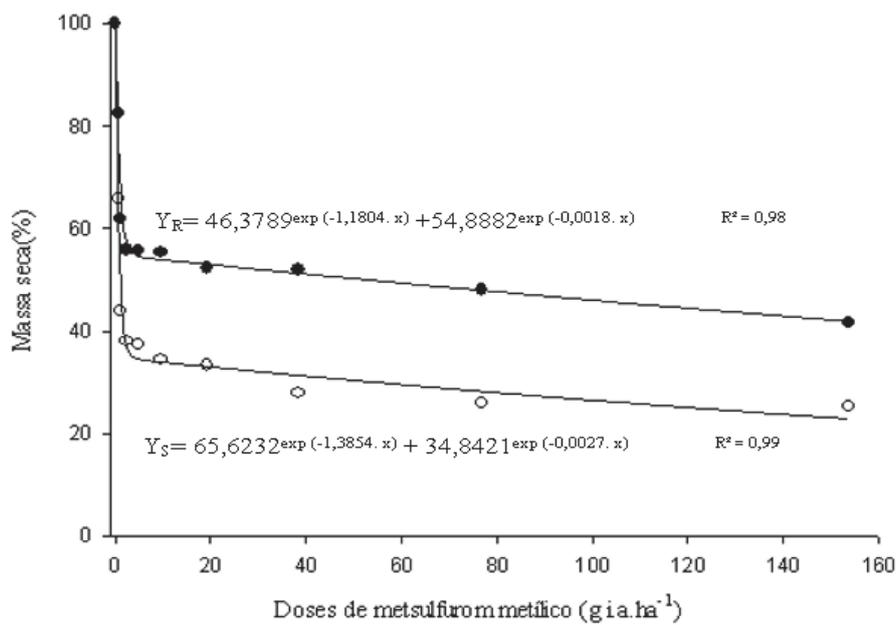


Figura 3- Massa seca (%) de *Echium plantagineum* em relação à parcela sem herbicida e parâmetros da equação para os biótipos resistente (R) e suscetível (S) 14 dias após aplicação de metsulfurom metílico. FAMV-UPF, Passo Fundo, RS, 2015.

Aos 35 DAA os biótipos R e S apresentaram diferença significativa entre si (Figura 4). A maior percentagem de redução de MS ocorreu no biótipo S, e observou-se controle em todas as doses testadas quando comparadas com a testemunha. Para o biótipo S na dose de 0,6 g i.a ha⁻¹, o herbicida reduziu 53,7% a massa seca quando comparada com as plantas não tratadas, enquanto que, na mesma dose, para o biótipo R a redução foi de 6,2 % (Figura 4). Quando comparado os biótipos R e S na dose de 153,6 g i.a ha⁻¹, a redução foi de 73,8 e 97,2% respectivamente.

Para biótipo R na dose de 153,6 g i.a ha⁻¹, as plantas não foram levadas a morte e elas apresentaram rebrote em todas as doses utilizadas. Já no biótipo S isso não foi verificado, uma vez que todas as plantas foram controladas. A redução de MS em comparação com a testemunha não atingiu 100% pois aos 35 DAA as plantas que apresentaram total controle ainda não haviam se decomposto totalmente. Costa & Rizzardi, (2014) confirmaram a suscetibilidade do biótipo S de *R. raphanistrum*, que na dose mais baixa de 0,6 g i.a ha⁻¹, controlou acima de 80% nas avaliações aos 35 DAA.

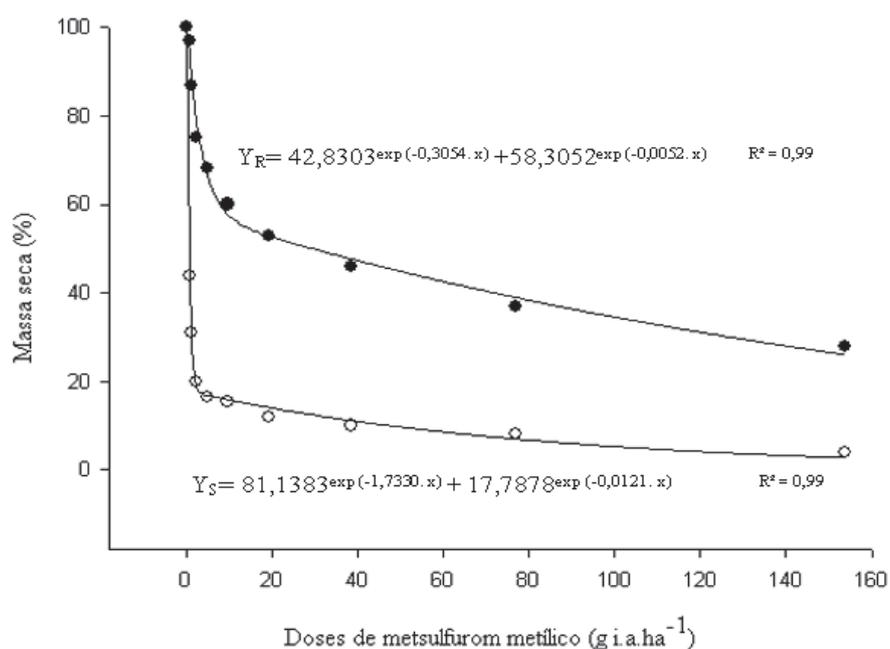


Figura 4- Massa seca (%) de *Echium plantagineum* em relação à parcela sem herbicida e parâmetros da equação para os biótipos resistente (R) e suscetível (S) 35 dias após aplicação de metsulfurom metílico. FAMV-UPF, Passo Fundo, RS, 2015.

A DL 50 calculada a partir dos dados gerados pelas curvas de redução de porte aos 14 e 35 DAA, indicam que foi necessário utilizar 49 e 56 vezes a dose necessária do herbicida para reduzir 50% da população resistente em comparação com a população sensível respectivamente (Tabela 2). Os valores do fator F observados para controle (Tabela 1) e para redução de MS (Tabela 2) apresentaram o mesmo comportamento aos 14 e 35 DAA. Onde aos 14 DAA os valores obtidos foram inferiores aos obtidos aos 35 DAA.

Altas taxas de resistência (F) observadas em estudos podem estar relacionadas com a elevada suscetibilidade da população sensível (LÓPEZ-OVEJERO et al., 2005). Esse fato é confirmado pelos valores encontrados no presente estudo onde que para controlar 50% do biótipo S são necessárias doses baixas do herbicida metsulfurom metílico (Tabela 2).

Em trabalho realizado com *R. raphanistrum*, aos 14 DAA, o biótipo S reduziu 50% da MS com 1,22 g i.a ha⁻¹, enquanto que para o biótipo R foi necessário 30 vezes essa dose para alcançar a mesma redução, já aos 35 DAA a diferença entre os biótipos foi superior sendo necessário utilizar 85 vezes a dose utilizada no biótipo S para controlar 50% da população resistente (COSTA & RIZZARDI, 2014).

Ao trabalharem com *Polygonum convolvulus* L., Beckie et al. (2012) observaram que a população R foi altamente resistente, pois apresentou Fator F > 10. Pelo mesmo critério, pode-se afirmar que a população de EHIPL é altamente resistente ao herbicida metsulfurom metílico.

Tabela 2- Dose necessária para reduzir a massa seca das plantas em 50% das plantas em relação as plantas não tratadas (DL50) e fator de resistência (F) dos biótipos resistente (R) e suscetível (S) de *Echium plantagineum* aos 14 e 35 dias após aplicação (DAA) de metsulfurom metílico. FAMV-UPF, Passo Fundo, RS, 2015

Biótipo	Época	DL 50	Fator F
R	14	51,7736	49
S		1,0529	
R	35	29,5623	56
S		0,5310	

As curvas ajustadas aos 14 DAA mostraram que para os biótipos R e S o porte reduziu, porém sendo esse mais expressivo para o biótipo suscetível onde observou-se redução desde a primeira dose utilizada do herbicida, a qual variou de 35,5 % até 69,1 % entre as doses de 0,6 à 153,6 g i.a ha⁻¹, respectivamente (Figura 5). Para o biótipo R a variação de redução de porte observada aos 14 DAA para as mesmas doses expressas no biótipo S foram inferiores atingindo o máximo de 52,9 % de redução na dose mais alta utilizada, na dose de 0,6 g i.a. ha⁻¹ a redução de porte imposta pelo herbicida foi de 2,2%.

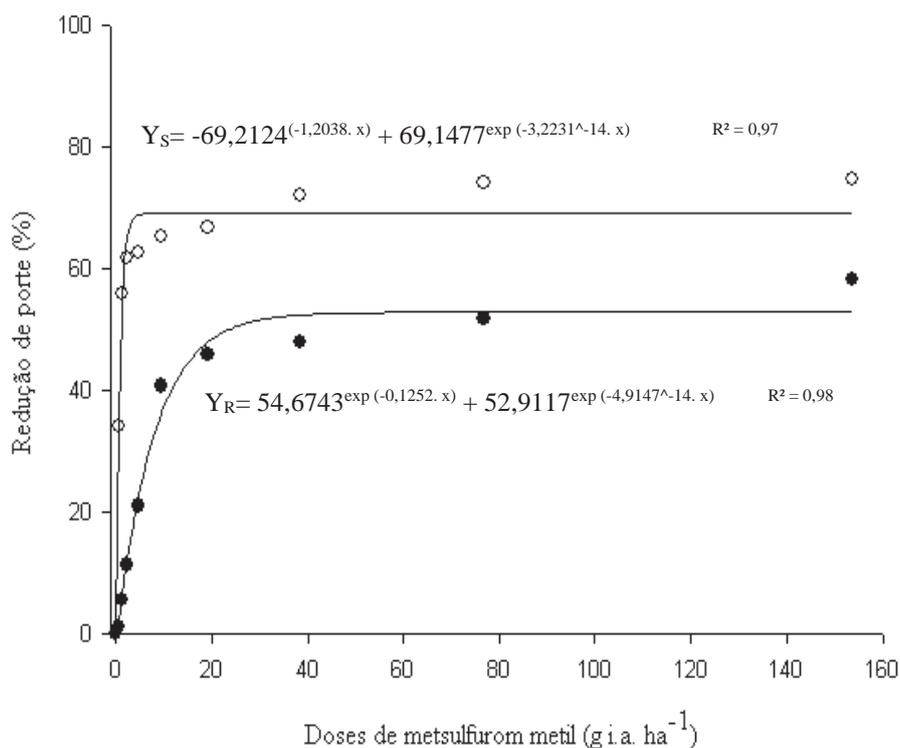


Figura 5- Redução de porte (%) de *Echium plantagineum* e parâmetros da equação para biótipos resistente (R) e suscetível (S) aos 14 dias após aplicação de metsulfurom metílico. FAMV-UPF, Passo Fundo, RS, 2015.

Aos 35 DAA a redução de porte foi superior para o biótipo S quando comparado ao biótipo R (Figura 6). Para o biótipo S a redução imposta variou de 41,3 até 95,5 %, já para o biótipo R a variação foi de 1,3 até 76,1 nas doses de 0,6 à 153,6 g i.a ha⁻¹ respectivamente (Figura 6).

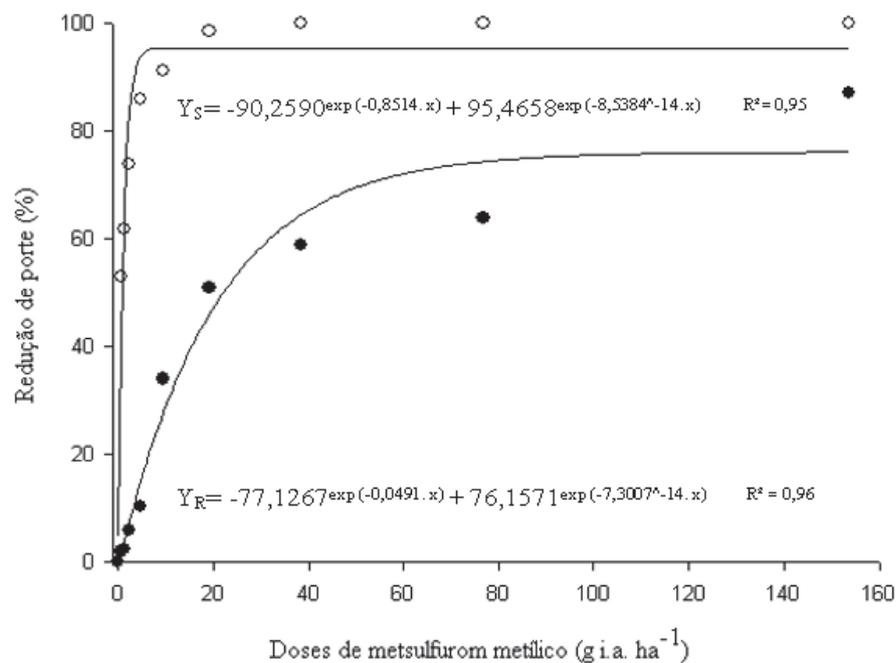


Figura 6- Redução de porte (%) de *Echium plantagineum* e parâmetros da equação para biótipos resistente (R) e suscetível (S) aos 35 dias após aplicação de metsulfurom metílico. FAMV-UPF, Passo Fundo, RS, 2015.

Os resultados de DL 50 e fator F após o ajuste das curvas para a redução de porte foram similares aos observados para controle e MS aos 14 e 35 DAA. O fator F foi 22 e 29 vezes superior a dose necessária para controlar 50% do biótipo R quando em comparação ao biótipo S aos 14 e 35 DAA respectivamente (Tabela 3).

As diferenças encontradas entre os três métodos de avaliação devem-se principalmente ao fato de que as avaliações de controle e redução de porte são avaliações de caráter mais subjetivo principalmente o controle, isso porque na avaliação de controle é levado

somente em consideração a percentagem de tecido morto ou com lesão imposta pelo uso do herbicida. Por isso que a MS passa a ser o método mais eficaz de avaliar o real impacto proporcionado pela utilização do herbicida sobre as plantas tratadas.

Através dos resultados calculados de DL50 e fator F para as variáveis de controle, MS e redução de porte, aos 14 e 35 DAA, confirmou-se a resistência do biótipo R ao herbicida metsulfurom metílico. Uma vez que para todas as variáveis o fator F calculado foi superior a 10.

Tabela 3- Dose necessária para reduzir o porte das plantas em 50% em relação as plantas não tratadas (DL50) e fator de resistência (F) dos biótipos resistente (R) e suscetível (S) de *E. plantagineum* aos 14 e 35 dias após aplicação (DAA) de metsulfurom metílico. FAMV-UPF, Passo Fundo, RS, 2015

Biótipo	Época	DL 50	Fator F
R	14	23,4239	22
S		1,0689	
R	35	23,0302	29
S		0,8055	

Para que se possa ser documentada a resistência de uma planta daninha, o seu fator F deve ser maior ou igual a 10 o qual é baseado na GR50 ou DL50 seguindo o que é proposto por HEAP (2016). Diante do que foi mencionado é possível afirmar que o biótipo R da planta daninha estudada apresenta elevada resistência ao herbicida metsulfurom metílico e que o biótipo S é suscetível para todas as variáveis estudadas.

4 CONCLUSÃO

O biótipo de *Echium plantagineum*, oriundo do município de Tupanciretã- RS, é resistente ao herbicida metsulfurom metílico.

CAPÍTULO II

HERBICIDAS ALTERNATIVOS PARA O CONTROLE DE *Echium plantagineum* L. RESISTENTE AO HERBICIDA METSULFUROM METÍLICO

SABRINA TOLOTTI PERUZZO¹

RESUMO – O controle de plantas daninhas nas áreas agrícolas é de extrema importância, visto que, essas competem com as culturas pelos mesmos recursos. Todavia o uso de um único mecanismo de ação durante vários anos consecutivos acarreta falhas de controle de plantas que anteriormente eram controladas. Diante disso objetivou-se indicar alternativas para controle para *Echium plantagineum* (EHIPL) resistente ao herbicida metsulfurom metílico e, verificar possível resistência cruzada aos herbicidas inibidores de ALS ou resistência múltipla a outros mecanismos de ação. Os tratamentos resultaram da combinação de dois biótipos de EHIPL sendo um resistente (Biótipo R) e outro suscetível (Biótipo S), com nove herbicidas e mais um tratamento controle sem aplicação: testemunha, metsulfurom metílico, iodossulfurom metílico, imazetapir, cloransulam metílico, 2,4-D, paraquate, glifosato, bentazona e saflufenacil. Os tratamentos foram arranjados em fatorial 2 x 10, em delineamento inteiramente

¹ Eng. Agrônoma, aluna de mestrado do Programa de Pós-graduação em Agronomia (PPGAgro) da FAMV/UPF, Área de Concentração em Proteção de Plantas.

casualizado, com quatro repetições. Foram analisados controle e redução de massa seca aos 14 e 35 dias após a aplicação (DAA). O biótipo S foi sensível a todos os herbicidas ALS utilizados assim como para os demais. O biótipo R possui resistência cruzada aos herbicidas inibidores da enzima ALS; porém não possui resistência múltiplas aos herbicidas glifosato, bentazona, safufenacil, 2,4-D e paraquate podendo assim serem herbicidas alternativos no controle dessa planta daninha.

Palavras-chave: Acetolactato sintase, bentazona, resistência cruzada, 2,4-D.

**ALTERNATIVE HERBICIDES TO CONTROL *Echium
plantagineum* L. RESISTANT TO METSULFUROM METHYL
HERBICIDE**

ABSTRACT - The weed control in agricultural areas is of utmost importance, since this competes with crops for the same resources. However, the use of a single mechanism of action for several consecutive years fails to control plants that previously were controlled. Thus, this study aimed to indicate alternatives to control the *Echium plantagineum* (EHIPL) resistant to metsulfurom methyl herbicide and check possible cross-resistance to ALS inhibitors herbicides or multiple resistance to other mechanisms of action. The treatments resulted from the combination of two biotypes of EHIPL being one resistant (Biotype R) and the other susceptible (Biotype S) with nine herbicides and one control treatment without application: control, metsulfurom methyl,

iodosulfurom methyl, imazethapyr, cloransulam methyl, 2,4- D, paraquat, glyphosate, bentazone and saflufenacil. The treatments were arranged in a factorial 2 x 10, in a completely randomized design with four replications. Control and dry matter reduction was analyzed at 14 and 35 days after application (DAA). The S biotype was sensitive to all ALS herbicides as well as for others. The R biotype has cross-resistance to ALS enzyme inhibiting herbicides; but it does not have multiple resistance to glyphosate herbicides, bentazone, safufenacil, 2,4-D and paraquat, may well be alternative herbicides to control this weed.

Keywords: acetolactate synthase, bentazon, cross-resistance, 2,4-D.

1 INTRODUÇÃO

O controle de plantas daninhas apresenta importância para o estabelecimento da lavoura, visto que a emergência dessas, juntamente com a cultura, provoca danos tanto na produtividade quanto na qualidade dos grãos colhidos (ROMAN, 2004). A eliminação dessas plantas é necessária uma vez que ambas disputam pelos mesmos recursos do meio. Esses recursos pelos quais competem, estão associados a fatores que se relacionam a expressão do potencial produtivo como água, luz e nutrientes (FERRI & VIDAL, 2003).

A principal alternativa usada para o controle das plantas daninhas é o controle químico, porém quando utilizado de maneira incorreta traz prejuízos ao sistema. Atualmente os agricultores depositam confiança excessiva no controle químico das plantas daninhas e, o uso indiscriminado de herbicidas, propiciou a seleção de casos de resistência em diferentes espécies (VARGAS et al., 1999). Mesmo que os herbicidas sejam ferramentas eficazes no controle das plantas daninhas, a dependência excessiva em um único mecanismo de ação propicia elevada pressão de seleção de indivíduos portadores de genes que conferem resistência a herbicidas (TRANSEL & WRIGHT, 2002). A resistência de plantas daninhas aos herbicidas é um fenômeno evolutivo que aumentou nos últimos anos (VIDAL, 2006).

A seleção da resistência das plantas daninhas aos herbicidas é influenciada por fatores os quais se relacionam a biologia da espécie e ao produto químico, como uso de herbicidas altamente eficientes, com um único local de ação, com residual prolongado e utilização intensiva

do mesmo herbicida ou de herbicidas com o mesmo mecanismo de ação (MONQUEIRO et al., 2000).

No mundo atualmente se tem o conhecimento de 461 casos de espécies daninhas resistentes, sendo que desses 157 são de plantas daninhas resistentes a enzima acetolactato sintase (ALS). No Brasil há 21 casos de resistência ao mecanismo ALS relatos (HEAP, 2016). As plantas daninhas resistentes a enzima ALS têm se tornado sério problema na agricultura em diversos países (MONQUEIRO et al., 2000).

O primeiro caso registrado de resistência aos herbicidas inibidores da ALS, foi relatado por Mallory-Smith et al. (1990) e Primiani et al. (1990), que identificaram biótipos resistentes de *Lactuca serriola* e *Kochia scoparia* em áreas cultivadas com trigo apenas cinco anos após a liberação comercial do herbicida chlorsulfurom nos EUA (MONQUEIRO et al., 2000). No Brasil, *Bidens pilosa* foi a primeira espécie que evoluiu resistência aos herbicidas inibidores da ALS (CHRISTOFFOLETI et al., 1996). A partir de então sistematicamente são identificadas novas espécies resistentes a herbicidas desse mecanismo de ação dentre as quais citam-se *Polygonum convolvulus* (BECKIE et al., 2012) e *Raphanus raphanistrum* (COSTA & RIZZARDI, 2014).

Echium plantagineum, é uma espécie nativa da Europa, que foi introduzida em vários países como planta ornamental, porém rapidamente migrou para regiões de pastagens. No Brasil sua ocorrência é restrita a região Sul. Nas áreas de ocorrência EHIPL ocorre redução da produtividade das pastagens, pois as plantas competem por luz, umidade e nutrientes com as espécies desejadas,

suprimindo assim o crescimento da maioria das outras plantas e sufocando espécies de gramíneas e leguminosas

Atualmente não há herbicidas registrados para seu controle, porém essa espécie vem apresentando dificuldade para ser controlada com produtos inibidores da enzima ALS. Diante dessa situação é necessário utilizar herbicidas alternativos para controlar essa planta daninha. Para amenizar o problema da resistência de plantas daninhas é necessário identificar herbicidas alternativos pertencentes a outros mecanismos de ação (NEVILL et al., 1999), para o controle dos biótipos resistentes. Essa diversidade de mecanismos de ação diminuirá a pressão sobre o uso de um único herbicida ou mesmo de um grupo químico.

Diante desse cenário objetivou-se indicar alternativas para controle para EHIPL resistente ao herbicida metsulfurom metílico e, verificar possível resistência cruzada aos herbicidas inibidores de ALS ou resistência múltipla a outros mecanismos de ação.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no período de maio a julho de 2015, em casa de vegetação. As unidades experimentais consistiram de vasos plásticos de 17 cm de diâmetro e 14 cm de altura, com capacidade volumétrica de 2,5 L, perfazendo área superficial de 0,0453 m², preenchidos com substrato comercial do tipo Turfa Fértil®. Em maio de 2015 semearam-se sementes dos biótipos resistente (R) e suscetível (S) sendo os vasos mantidos em casa de vegetação com irrigação intermitente. Após 15 dias da semeadura, realizou-se o

desbaste, mantendo seis plantas por vaso. Quando no estágio de desenvolvimento de três a quatro folhas verdadeiras, os vasos foram retirados da casa de vegetação para aplicação dos herbicidas. A aplicação foi realizada com pulverizador costal de precisão, pontas jato plano XR 11002, na altura de 50 cm acima do alvo com volume de aplicação de 200 L ha⁻¹. Após a aplicação dos herbicidas, os vasos foram levados para a casa de vegetação, permanecendo sem irrigação por 24 horas a fim de não interferir na absorção dos herbicidas.

Os tratamentos resultaram da combinação de dois biótipos de EHIPL sendo um resistente (Biótipo R) e outro suscetível (Biótipo S), com nove herbicidas e mais um tratamento controle sem aplicação, que foram arranjos em fatorial 2 x 10, em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. O fator A constitui-se dos biótipos R e S, e o fator B pelos herbicidas e suas respectivas doses comerciais (Tabela 1). A posição dos vasos foi alterada periodicamente, a fim de obter condições experimentais homogêneas.

Avaliou-se, visualmente o controle dos biótipos aos 14 e 35 dias após aplicação (DAA) dos herbicidas. Para o controle utilizou-se como base a escala percentual, em que a nota 0% correspondeu a nenhum efeito do herbicida e a nota 100% significou morte completa das plantas do vaso. Avaliações de massa seca (MS) foram realizadas, retirando-se três plantas por vaso aos, 14 DAA, e mais três plantas aos 35 DAA. Posteriormente, foram postas em estufa a 65°C por 72 horas até obter peso constante, quando foi realizada a quantificação da MS em balança de precisão.

Tabela 1- Tratamentos herbicidas e doses utilizadas no controle de *Echium plantagineum*. FAMV/UPF, Passo Fundo, RS, 2015

Tratamentos ^{1/}	Marca comercial	Dose (g i.a ou e. a)	Mecanismo de Ação
1-Metsulfurom metílico	Ally	2,4	ALS
2- Saflufenacil	Heat	50	Protox
3-Iodosulfurom metílico	Hussar	3,5	ALS
4- Imazetapir	Pivot	100	ALS
5-Cloransulam metílico	Pacto	40	ALS
6- Paraquate	Gramoxone	200	Fotossistema I
7- Bentazona	Basagran	720	Fotossistema II
8- 2,4-D	DMA 806 BR	1209	Mimetizador de auxinas
9- Glifosato	Roundup Original	960	EPSPS
10-Sem herbicida	-	-	-

^{1/} Utilizou-se o adjuvante Lanzar® na dose de 0,5% do volume de calda, exceto em glifosato.

Os valores de MS foram transformados para percentuais, partindo-se do princípio de que as parcelas que permaneceram sem aplicação de herbicida possuem 100% de MS e as demais possuem percentuais desta biomassa, em consequência da redução imposta pelos herbicidas (BECKIE et al., 2012).

Os dados relativos ao percentual de controle e de MS foram normalizados pela transformação em raiz quadrada de $(x + 1)$, para realização da análise de variância. Após foram submetidos à análise de

variância e quando significativos ($P < 0,05$), procedeu-se à análise comparativa pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O controle de EHIPL, variou em função do biótipo e do herbicida utilizado (Tabela 2). Aos 14 DAA, os herbicidas inibidores da ALS apresentaram controle entre 21 a 33% para o biótipo sensível, porém, para o biótipo R o controle foi inferior variando de 0 para o herbicida metsulfurom metílico atingindo valor máximo de 16% para o herbicida cloransulam metílico.

Para os demais herbicidas, glifosato, bentazona e saflufenacil, o controle foi de 100%, sem diferir estatisticamente entre os biótipos. Já para 2,4-D e paraquate, o controle variou de 30 e 76% para o biótipo R e 31 e 72% para o biótipo S, respectivamente (Tabela 2).

De maneira geral aos 35 DAA, para o biótipo S, todos os herbicidas testados obtiveram controle acima de 80% enquanto que para o biótipo R níveis de controle acima de 80% puderam ser observados para os herbicidas 2,4-D, glifosato, bentazona e saflufenacil (Tabela 2).

Entre os herbicidas inibidores de ALS, metsulfurom metílico não apresentou nenhum controle sobre a população resistente. Já para os demais herbicidas pertencentes ao mesmo mecanismo, o controle foi superior quando comparado com metsulfurom metílico porém, mesmo esse controle sendo maior ficou abaixo de 30%, caracterizando-se assim como um controle ineficiente (Tabela 2).

Tabela 2 - Controle (%) de biótipos resistente (R) e suscetível (S) de *Echium plantagineum* ao herbicida metsulfurom metílico, 14 e 35 dias após aplicação (DAA). FAMV-UPF, Passo Fundo, RS, 2015

Tratamentos	Dose (g ha ⁻¹) (i.a/e.a.)	14 DAA				35 DAA							
		Biótipo R		Biótipo S		Biótipo R		Biótipo S					
		%											
Testemunha	-	A	0	e ¹	A	0	d	A	0	d	A	0	d
Metsulfurom metílico	2,4	B	0	e	A	33	c	B	0	d	A	100	a
Iodossulfurom metílico	3,5	B	14	d	A	21	c	B	29	c	A	93	ab
Imazetapir	100	B	14	d	A	26	c	B	29	c	A	100	a
Cloransulam metílico	40	A	16	d	A	23	c	B	28	c	A	100	a
2,4 -D	1209	A	30	c	A	31	c	A	86	ab	A	87	bc
Paraquat	200	A	76	b	A	72	b	A	70	b	A	82	c
Glifosato	960	A	100	a	A	100	a	A	100	a	A	100	a
Bentazona	720	A	100	a	A	100	a	A	100	a	A	100	a
Saflufenacil	50	A	100	a	A	100	a	A	100	a	A	100	a
C.V (%)*		11,7						7,3					

*Coeficiente de variação. ¹Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Costa & Rizzardi (2013) evidenciaram que entre os herbicidas utilizados para controle de *R. raphanistum* os maiores graus de controle do biótipo R foram observados com cloransulam, já imazapic + imazapir, metsulfurom e imazetapir não controlaram essa espécie daninha.

Neste estudo todos os herbicidas controlaram totalmente o biótipo S, exceto os herbicidas iodossulfurom metílico, 2,4 - D e paraquate, onde esse percentual de controle variou de 93, 87 e 82% respectivamente (Tabela 2). Observou-se que os herbicidas glifosato, bentazona, saflufenacil e 2,4-D foram eficazes no controle do biótipo R, e podem ser utilizados como alternativa para rotacionar herbicidas com diferentes mecanismos de ação. Mesmo esses herbicidas tendo controlado totalmente ambos os biótipos, é de extrema importância não

depende de poucos ou exclusivamente de um herbicida para realizar o manejo dessa planta daninha (HASHEM et al., 2001) isso principalmente em áreas de cereais de inverno, pois pode ocorrer rapidamente a evolução da resistência para herbicidas de outros mecanismos de ação (WALSH et al., 2006).

A MS variou entre os biótipos R e S tanto aos 14 quanto aos 35 DAA como resultado da aplicação dos herbicidas (Tabela 3). Aos 14 DAA para o biótipo R o herbicida metsulfurom metílico inibidor da ALS foi o que menos reduziu a MS das plantas (92%) quando comparado com a testemunha. Já para o biótipo S todos os tratamentos diferiram da testemunha quanto a redução de MS (Tabela 3). Para o herbicida saflufenacil não foi observada diferença significativa na redução de MS entre os biótipos (R e S).

Tabela 3 – Massa seca de biótipos resistente (R) e suscetível (S) de *Echium plantagineum* ao herbicida metsulfurom metílico, 14 e 35 dias após aplicação (DAA). FAMV-UPF, Passo Fundo, RS, 2015

Tratamentos	Dose (g.ha ⁻¹) (t.a/e.a.)	14 DAA				35 DAA			
		Biótipo R		Biótipo S		Biótipo R		Biótipo S	
	%							
Testemunha	-	A 100	a ¹	A 100	a	A 100	a	A 100	a
Metsulfurom metílico	2,4	A 92	a	B 31	bc	A 72	bc	B 15	cd
Iodosulfurom metílico	3,5	A 61	b	B 39	bc	A 69	c	B 20	bc
Imazetapir	100	A 39	c	B 31	bc	A 78	b	B 11	de
Cloransulam metílico	40	A 42	c	B 31	bc	A 52	d	B 16	bcd
2,4-D	1209	A 36	cd	B 24	cd	A 20	f	A 17	bcd
Paraquat	200	A 34	cde	B 25	cd	A 31	e	B 23	b
Glifosato	960	A 32	cde	B 20	cd	A 7	g	A 4	e
Bentazona	720	A 26	de	B 16	d	A 8	g	A 5	e
Saflufenacil	50	A 23	e	A 25	cd	A 6	g	A 5	e
C.V(%)*		11,7				9,2			

*Coeficiente de variação. ¹Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Os resultados de MS aos 35 DAA comportaram-se de maneira semelhante aos observados aos 14 DAA, onde a MS variou entre os biótipos e herbicidas utilizados (Tabela 3). As maiores reduções de massa seca para o biótipo S ocorreram nos tratamentos glifosato (4%), bentazona (5%), saflufenacil (5%).

Para os demais herbicidas utilizados nesse estudo a faixa de MS foi em torno de 20%. Possivelmente a MS não chegou próxima a zero pois isso deve estar relacionado as características da planta em relação à decomposição (Figura 1). Entre os herbicidas inibidores da ALS, cloransulam metílico foi o que mais reduziu a MS do biótipo R, chegando ao valor de 52% em relação a parcela não tratada (Tabela 3).



Figura 1- Controle de biótipos resistente (R) e suscetível (S) de *Echium plantagineum* aos 35 dias após aplicação dos herbicidas (1- Testemunha; 2- metsulfurom metílico; 3- iodossulfurom metílico; 4- imazetapir; 5- cloransulam metílico; 6- 2,4 -D; 7- paraquate; 8- glifosato; 9- bentazona; 10- saflufenacil). FAMV-UPF, Passo Fundo, RS, 2015.

As variações no nível de resistência cruzada dentro dos herbicidas inibidores de ALS devem estar relacionadas a ligação diferenciada e particular de cada herbicida ao local de ação e também de diferentes mutações que ocorrem no gene que codifica a enzima ALS (POWLES & PRESTON, 2015).

4 CONCLUSÃO

O biótipo de EHIPL originário do município de Tupanciretã-RS, possui resistência cruzada aos herbicidas inibidores da enzima ALS. Porém, não possui resistência múltipla aos herbicidas glifosato, bentazona, safufenacil, 2,4-D e paraquate podendo assim serem herbicidas alternativos para o controle dessa planta daninha.

CAPÍTULO III

ANÁLISE DE CRESCIMENTO DE BIÓTIPOS DE *Echium plantagineum* L. RESISTENTE E SUSCETÍVEL AOS HERBICIDAS INIBIDORES DA ALS

SABRINA TOLOTTI PERUZZO¹

RESUMO - A análise de crescimento é uma técnica que detalha as mudanças morfofisiológicas da planta, em função do tempo, avaliando também, a produção fotossintética, por meio do acúmulo de massa seca. Essa análise é importante pois avalia a adaptação ecológica das plantas a novos ambientes, competição interespecífica, além de permitir avaliação da capacidade produtiva. No presente estudo objetivou-se, estudar características relacionadas ao crescimento de biótipos resistente e suscetível de *E. plantagineum* (EHIPL) ao herbicida metsulfurom metílico. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com oito repetições, seguindo esquema fatorial com oito épocas de avaliações e dois biótipos (Biótipo R) e (Biótipo S). Avaliou-se área foliar e massa seca acumulada, a partir dessas avaliações determinou-se para cada época de avaliação a taxa de crescimento relativo (TCR), taxa de crescimento absoluto (TCA) e taxa de crescimento da cultura (TCC). Cada biótipo apresentou comportamento distinto em relação as épocas de avaliações. Avaliando-se a massa seca total (MST) acumulada ao longo do desenvolvimento

¹ Eng. Agrônoma, aluna de mestrado do Programa de Pós-graduação em Agronomia (PPGAgro) da FAMV/UPF, Área de Concentração em Proteção de Plantas.

da planta daninha o biótipo R apresentou maior incremento em MST quando comparado com o biótipo S. Com base na TCR é possível inferir que o biótipo R apresenta maior crescimento e desenvolvimento que o biótipo S.

Palavras-chave: Massa seca, metsulfurom metílico, resistência, taxa de crescimento.

**GROWTH ANALYSIS OF BIOTYPES OF *Echium plantagineum*
L. RESISTANT AND SUSCEPTIBLE TO ALS-INHIBITING
HERBICIDES**

ABSTRACT - The analysis of growth is a technique that details the morphophysiological changes of the plant, in function of time, also evaluating the photosynthetic production through the accumulation of dry matter. This type of analysis is important since it evaluates the ecological adaptation of plants to new environments, interspecific competition, besides allowing the assessment of the productive capacity. This study aimed to examine the characteristics related to the growth and development of biotypes of *E. plantagineum* (EHIPL) resistant and susceptible to metsulfurom methyl herbicide. The experimental design was completely randomized with eight repetitions, following factorial design with eight times of evaluations and two biotypes, with suspected resistance (Biotype R) and susceptible biotype (Biotype S). Leaf area and accumulated dry matter (DM) was evaluated

and, from these evaluations it was determined for each assessment time, relative growth rate (RGR), absolute growth rate (AGR) and crop growth rate (CGR). Each biotype presented distinct behavior in relation to the seasons of evaluations. Evaluating the total dry matter (TDM) accumulated over the weed development, the R biotype presented major increase in TDM when compared to the S biotype. Based on RGR it is possible to infer that biotype R presents greater growth and development than biotype S.

Keywords: Growth, development, relative growth rate.

1 INTRODUÇÃO

A espécie EHIPL aumentou sua ocorrência principalmente em áreas de cultivo de cereais de inverno. Na cultura do trigo compete pelos mesmos recursos e prejudica o desenvolvimento da cultura. O grau de interferência da planta daninha sobre a cultura varia de acordo com a espécie e afeta o crescimento e o desenvolvimento da cultura (AUMONDE et al., 2013).

O conhecimento dos efeitos dos processos fisiológicos no comportamento de plantas consiste no primeiro passo para a interpretação e análise de produção primária. Essas informações permitem conhecer a contribuição dos diferentes processos fisiológicos envolvidos no comportamento das plantas. O entendimento dos processos fisiológicos auxilia na identificação das características das plantas associadas às suas adaptações às condições de estresse, bem como seus potenciais de produção sob condições ótimas de crescimento (ANDRADE et al., 2005).

Estudos referentes ao entendimento dos padrões de crescimento e desenvolvimento das plantas daninhas auxiliam na detecção de diferenças entre biótipos de uma mesma espécie quanto à sua adaptabilidade (HOLT & RADOSEVICH, 1983), uma vez que as características de crescimento variam conforme as alterações de luminosidade, temperatura, umidade e disponibilidade de nutrientes. Daí a necessidade do conhecimento das respostas morfológicas das espécies ao ambiente, para entendimento de adaptações das plantas às práticas de manejo a serem adotadas (ANDRADE et al., 2005).

A análise de crescimento é uma técnica que detalha as mudanças morfofisiológicas da planta, em função do tempo, e avalia a produção fotossintética, por meio do acúmulo de massa seca (FALQUETO et al., 2009). A análise de crescimento é fundamental, pois descreve as mudanças na produção vegetal em função do tempo, o que não é possível com o simples registro do rendimento (URCHEI et al. 2000).

Esse tipo de análise tem por objetivo fornecer informações básicas da produção de massa seca da cultura. Através das avaliações de massa seca ao longo do tempo é possível conhecer as taxas de crescimento as quais podem se refletir na habilidade e na hierarquia competitiva das espécies da comunidade vegetal (ROUSH & RADOSEVICH, 1985). As informações obtidas sobre a quantidade de material contido na planta e em todas suas partes (folhas, caules, raízes e grãos) e o tamanho do aparelho fotossintetizante (área foliar), obtidos em intervalos de tempo regulares durante o desenvolvimento fenológico da planta são importantes pois através delas é possível avaliar a adaptação ecológica das plantas a novos ambientes, além de permitir avaliação da capacidade produtiva de diferentes genótipos (URCHEI et al., 2000).

O estudo do comportamento biológico/ecológico das espécies daninhas, é importante pois além de auxiliar na adoção de novas estratégias de manejo, também fornece informações sobre o desenvolvimento e o possível potencial de dano que essas plantas podem causar quando competem com as culturas (MACHADO, 2006).

O conhecimento de características fisiológicas de crescimento e de partição de assimilados ao longo da ontogenia vegetal,

em estudos envolvendo biologia e ecofisiologia de plantas daninhas é importante ferramenta para estudar o comportamento de biótipos resistentes e suscetíveis a herbicidas (AUMONDE et al., 2013).

A importância do conhecimento da ecologia das espécies e pelo fato da espécie EHIPL ser uma espécie que tem pouco estudo sobre seu comportamento ecológico, objetivou-se estudar características relacionadas ao crescimento de biótipos de EHIPL resistente e suscetível ao herbicida metsulfurom metílico.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no período de junho a setembro de 2015, em casa de vegetação. As unidades experimentais consistiram de vasos plásticos de 10,5 cm de diâmetro e 7 cm de altura, com capacidade volumétrica de 0,35 L, preenchidos com substrato comercial do tipo Turfa Fértil®. Após a emergência realizou-se desbaste deixando duas plantas por vaso. Diariamente foi avaliada a temperatura máxima ao longo do desenvolvimento da cultura (Figura 1).

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com oito repetições, seguindo esquema fatorial com oito épocas de avaliações e dois biótipos (R e S). Os vasos foram distribuídos aleatoriamente na casa de vegetação e suas posições alteradas semanalmente. A cada 14 dias realizou-se adubação NPK na proporção 05-20-20, diluindo-se 50 gramas em 200mL posteriormente completou-se o volume até obter 2,5L da mistura. Após irrigou-se as unidades experimentais.

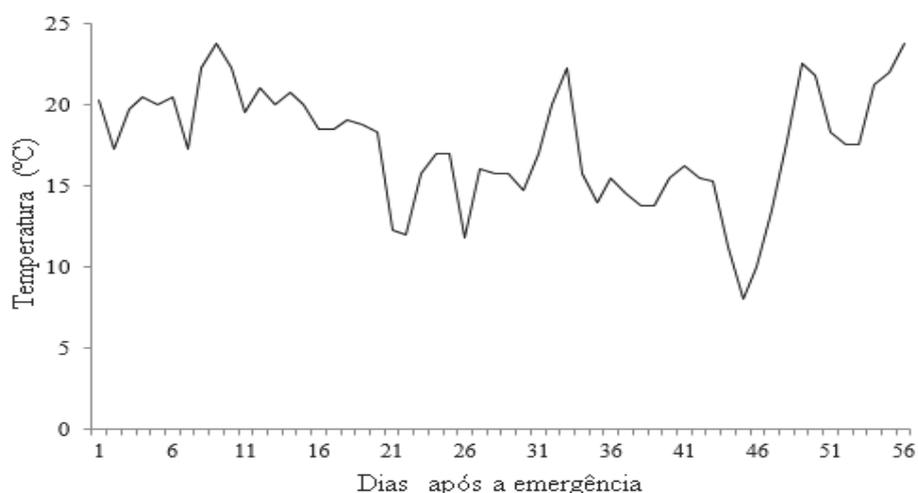


Figura 1- Temperatura média diária em casa de vegetação ao longo do desenvolvimento de *Echium plantagineum*.

Semanalmente realizaram-se avaliações destrutivas medindo-se área foliar das duas plantas por vaso a qual foi determinada com auxílio de medidor marca LICOR modelo LI-3100C. Após as mesmas plantas usadas para área foliar foram postas para secar em estufa a 65°C com circulação de ar forçada até obter massa constante, e posteriormente pesadas em balança analítica de precisão. Após secagem avaliou-se massa seca de parte aérea (MSPA), raiz (MSR) e total (MST).

Com base nos resultados de área foliar e massa seca acumulada, foi determinada, para cada época de avaliação a taxa de crescimento relativo (TCR), taxa de crescimento absoluto (TCA) e taxa de crescimento da cultura (TCC), seguindo fórmulas sugeridas por Benincasa (2003).

A TCR expressa o crescimento da planta em intervalo de tempo, em relação à massa seca acumulada no início desse intervalo,

sendo calculada pela fórmula: $TCR = (\ln P_n - \ln P_{n-1}) / (T_n - T_{n-1})$, em que $\ln P_n$ é o logaritmo neperiano da massa seca acumulada até a avaliação n ; $\ln P_{n-1}$ é o logaritmo neperiano da biomassa seca acumulada até a avaliação $n-1$; T_n é o número de dias após a emergência por ocasião da avaliação n ; e T_{n-1} é o número de dias após a emergência por ocasião da avaliação $n-1$. A taxa de crescimento absoluto (TCA) fornece uma estimativa da velocidade média de crescimento das plantas, ao longo do período de observação (AGUILERA et al., 2004), a qual é expressa pela fórmula, $TCA = (P_2 - P_1) / (T_n - T_1)$. A TCC indica o acúmulo de massa seca ao longo do tempo podendo ser calculada por, $TCC = TAL \times IAF$, e a taxa de assimilação líquida (TAL) calcula-se pela fórmula, $TAL = [(P_n - P_{n-1}) / (T_n - T_{n-1})] \times [(\ln A_n - \ln A_{n-1}) / (A_n - A_{n-1})]$ em que A_n é a área foliar e A_{n-1} é a área foliar da planta por ocasião da avaliação $n-1$.

Após obtenção dos resultados de MS os mesmos foram submetidos à análise de variância e quando significativos ($P < 0,05$) empregou-se regressão. Foram testados os modelos exponencial, polinomiais quadrático e cúbico, e o modelo escolhido levou em consideração a lógica do fenômeno biológico e o valor do coeficiente de determinação.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Constatou-se interação significativa entre biótipos e épocas de coleta para massa seca de parte aérea (Figura 2 A), massa seca de raiz (Figura 2 B) e massa seca total (Figura 3).

Até 20 DAE o biótipo R apresentou MSPA de 0,353 g planta⁻¹ e o biótipo S de 0,782 g planta⁻¹ chegando aos 56 DAE com

diferença de massa seca de 7,72 g planta⁻¹ entre biótipo R e S (Figura 2 A). Para essa avaliação o biótipo S caracterizou-se por ser mais competitivo que o biótipo R. No momento das avaliações isso também podia ser percebido visualmente, pois o biótipo S apresentava folhas maiores do que o biótipo R.

Para a MSR o biótipo R apresentou maior quantidade de massa em relação ao biótipo S, principalmente na última avaliação onde a diferença entre ambos foi de 8,33 g planta⁻¹ (Figura 2 B). Para *Solanum americanum* observou-se crescimento inicial lento até os 21 dias após o transplante (DAT), seguido por período de rápido crescimento até os 84 DAT (AUMONDE et al., 2013).

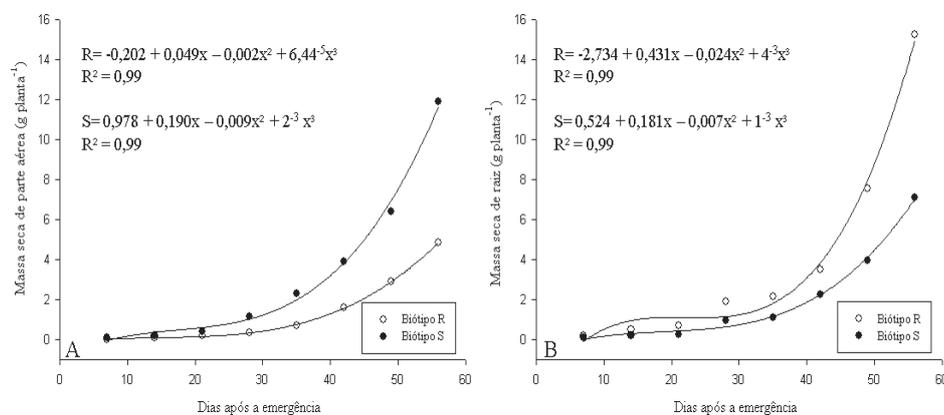


Figura 2- Acúmulo de massa seca de biótipos resistente (R) e suscetível (S) de *Echium plantagineum* ao longo de seu ciclo de desenvolvimento. A- massa seca de parte aérea (MSPA), B- massa seca de raiz (MSR).

O comportamento da MST foi similar a aquele observado para MSR. O biótipo R apresentou maior MST ao longo das avaliações

(29,40 g planta⁻¹). Já, o biótipo S aos 56 DAE apresentou 20,33 g planta⁻¹ de MST (Figura 3). Esse menor valor de MST para o biótipo S acumulado ao longo do ciclo de desenvolvimento da flor-roxa, deveu-se, principalmente ao fato de que o biótipo resistente desenvolve sistema radicular mais robusto do que o biótipo S (Figuras 4 e 5).

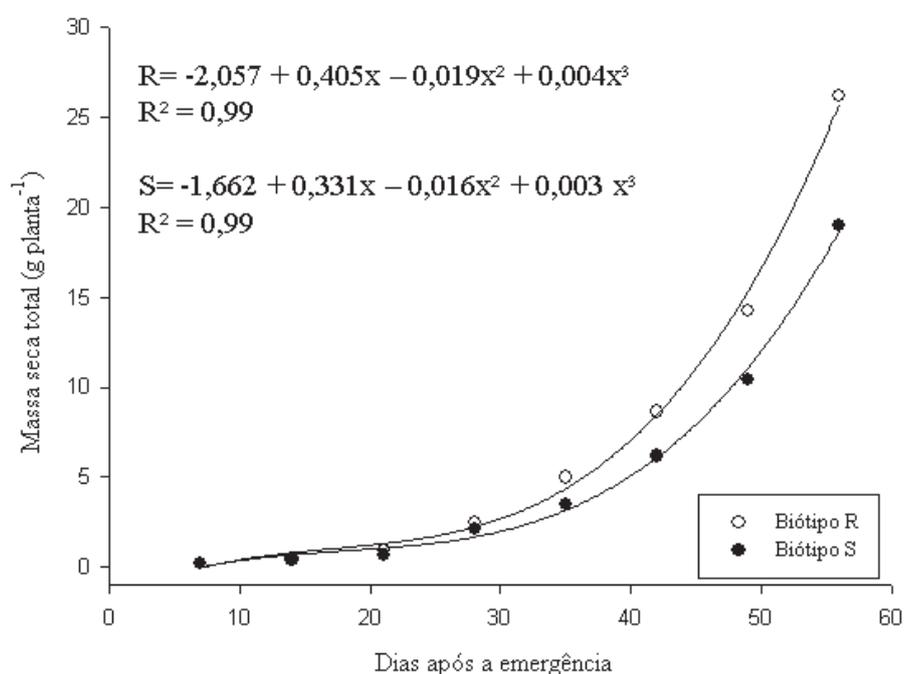


Figura 3- Acúmulo de massa seca total (MST) de biótipo resistente (R) e suscetível (S) de *Echium plantagineum* ao longo de seu ciclo de desenvolvimento.

Outro fator que pode estar relacionado a menor produção de MST do biótipo S é o fato dessas plantas entraram primeiro na fase reprodutiva e como consequência diminuem a emissão de novas folhas reduzindo assim a produção de MST.



Figura 4 – Sistema radicular de biótipos resistente e suscetível de *Echium plantagineum* aos 14 e 56 dias após a emergência (DAE).

Quando avaliada a distribuição percentual da massa seca das plantas ao longo do ciclo de crescimento, o acúmulo de MSPA foi maior no biótipo S do que no biótipo R com valores de 60% e 40% respectivamente (Figura 5).

Durante todo período de avaliação, o acúmulo de massa seca radicular do biótipo R foi maior em comparação ao biótipo S (Figura 5). A distribuição proporcional da massa seca nas diferentes partes constituintes das plantas se deu ao processo fisiológico da translocação de fotoassimilados ao longo do ciclo de desenvolvimento da espécie (AGUILERA et al., 2004).

A taxa de crescimento relativo (TCR) é uma medida que varia ao longo do ciclo vegetal, pois depende da área foliar útil para a

fotossíntese e da taxa assimilatória líquida (TAL). Diante disso é mais interessante expressar a taxa de crescimento relativo ao invés da taxa de crescimento absoluto ou taxa de crescimento da cultura para se concluir sobre os efeitos de uma espécie (LIMA et al., 2007).

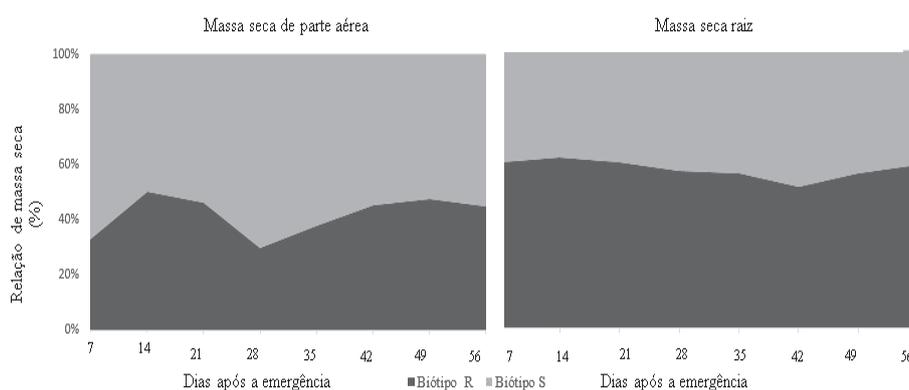


Figura 5 – Distribuição percentual de massa seca de parte aérea e massa seca de raiz de biótipos resistente (R) e suscetível (S) de *Echium plantagineum* ao longo de seu ciclo de desenvolvimento.

A partir dos dados gerados constatou-se interação significativa para as variáveis analisadas de TCR (Figura 6), área foliar (Figura 7), TCA e TCC (Figura 8).

De maneira geral a TCR foi crescente até aproximadamente 30 DAE para os biótipos R e S, com médias de 0,147 e 0,079 g. g⁻¹ dia⁻¹ respectivamente, passando após esse período a decrescer (Figura 6).

Com o aumento da massa seca acumulada pelas plantas, há a necessidade de ter mais fotoassimilados disponíveis para manter as estruturas já formadas. Sendo assim, a quantidade de fotoassimilados

disponível para o crescimento tende a ser menor e, conseqüentemente, a TCR é decrescente com o tempo (BENINCASA, 2003).

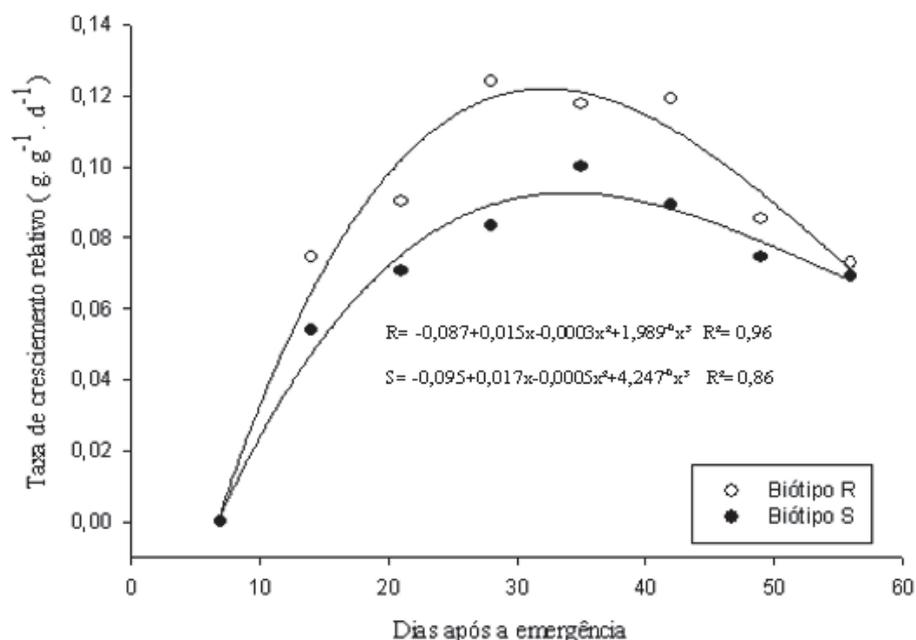


Figura 6 – Taxa de crescimento relativo (TCR) de biótipos resistente (R) e suscetível (S) de *Echium plantagineum* ao longo de seu ciclo de desenvolvimento.

Ambos os biótipos apresentaram comportamento similar em relação ao desenvolvimento da área foliar até 14 DAE (Figura 7). Aos 56 DAE os valores máximos obtidos para os biótipos R e S foram de 438,232 e 573,297 cm² planta⁻¹ respectivamente. O maior incremento de área foliar para o biótipo S ao longo das avaliações pode estar relacionado que esse biótipo se desenvolve mais rápido quando comparado com o resistente. E também porque a partir dos 42 DAE esse biótipo começou a emitir novas folhas. Segundo Monteiro et al.

(2005), a área foliar é um indicador de grande importância, sendo utilizada para investigar adaptação ecológica, competição com outras espécies e efeitos do manejo, pode estimar a produtividade de um ecossistema vegetal, seu crescimento e desenvolvimento das folhas. As ações ecológicas influenciam de diferentes modos e intensidade, o crescimento, a reprodução, sobrevivência e a abundância vegetal (MORAES et al., 2013).

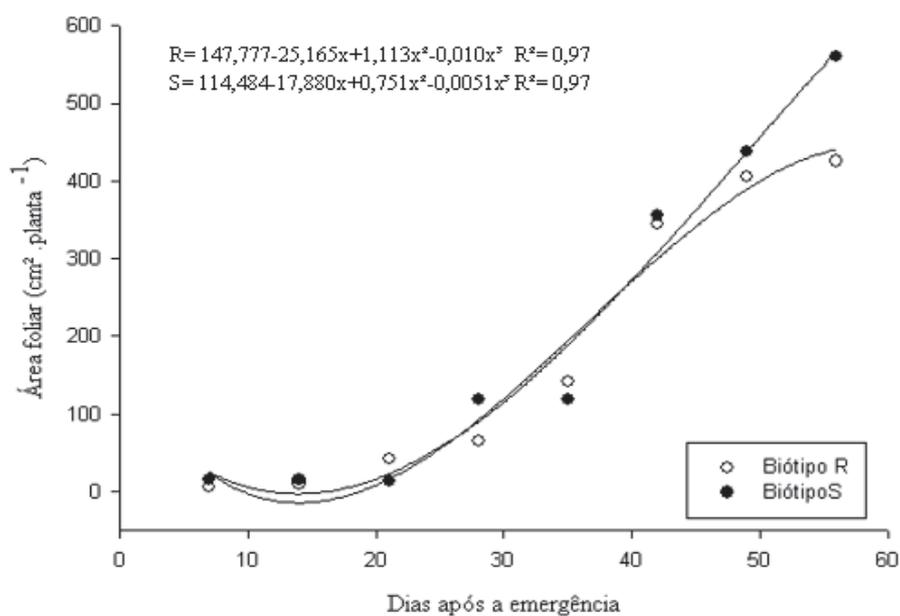


Figura 7 – Área foliar (AF) de biótipos resistente (R) e suscetível (S) de *Echium plantagineum* ao longo de seu ciclo de desenvolvimento.

Observou-se que ambas as taxas de crescimento absoluto (TCA) e de crescimento da cultura (TCC) apresentaram comportamento similares (Figura 8). Aos 56 DAE verificou-se que tanto para TCA quanto TCRC o biótipo S apresentou maior incremento de massa do

que o biótipo R. Para TCA aos 56 DAE o biótipo S incrementou 1,017 g d⁻¹ de massa já o biótipo R 0,554 g d⁻¹. O mesmo comportamento pode ser observado para a TCC onde o incremento de massa foi maior para o biótipo suscetível do que para o resistente 1,08 e 0,685 g. m² d⁻¹ respectivamente.

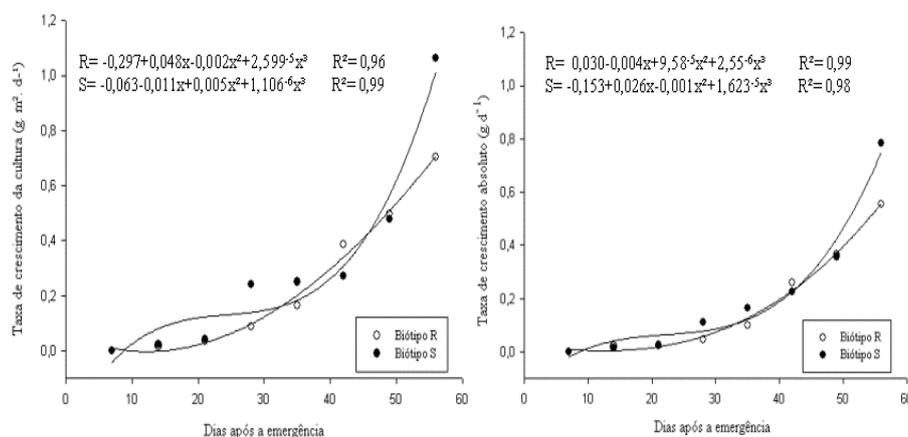


Figura 8 – Taxa de crescimento da cultura (TCC) e taxa de crescimento absoluto (TCA) de biótipos resistente (R) e suscetível (S) de *Echium plantagineum* ao longo de seu ciclo de desenvolvimento.

Para Vidal & Trezzi (2000), espécies com elevada TCA podem levar vantagem competitiva, em virtude da ocupação rápida de um espaço amplo e do encerramento mais rápido do ciclo. Para o capim-colchão, a taxa de crescimento absoluto apresentou-se estável no início do ciclo, para ambos os biótipos, com rápido aumento a partir dos 30 DAE, em modelo de semi-parábola, com pico aos 80 DAE (LÓPEZ OVEJERO et al., 2007). Em *Amaranthus viridis*, observaram-se maiores taxas de crescimento absoluto durante estádios precoces de desenvolvimento, cujo ponto máximo ocorre em período anterior ao das

demais espécies, já as espécies *A. deflexus*, *A. hybridus*, *A. retroflexus* e *A. spinosus* tiveram máximas taxas de crescimento absoluto entre 55 e 60 DAE (CARVALHO et al., 2008).

O lento crescimento inicial é uma característica que pode afetar na competição com outras espécies daninhas (MACHADO, 2006). Nesse sentido, no início de desenvolvimento as plantas de EHIPL podem ser suprimidas pelo desenvolvimento mais rápido de outras espécies da comunidade infestante. Por sua vez, se a cultura não for capaz de fechar logo o dossel as plantas daninhas irão competir com a cultura e causar danos ao desenvolvimento e produtividade da cultura.

4 CONCLUSÃO

Com base na TCR afirmar-se que o biótipo R de *E. plantagineum* apresenta maior potencial de desenvolvimento quando comparado ao biótipo S.

CAPÍTULO IV

HABILIDADE COMPETITIVA DE TRIGO EM CONVIVÊNCIA COM BIÓTIPOS DE *Echium plantagineum* L. RESISTENTE E SUSCETÍVEL AOS HERBICIDAS INIBIDORES DE ALS

SABRINA TOLOTTI PERUZZO¹

RESUMO – As plantas competem entre si ou com outras espécies pelos recursos disponíveis no meio. O grau de interferência ocasionado entre populações depende do comportamento das espécies. A ocorrência de *E. plantagineum* (EHIPL) resistente ao herbicida metsulfurom metílico, em lavouras de trigo, tem ocasionado perdas de rendimento na cultura. Há necessidade de conhecer os fatores que influenciam na competição dessa planta daninha, para assim, desenvolver estratégias de manejo. Através disso objetivou-se investigar a habilidade competitiva de trigo em convivência com biótipos de EHIPL resistente e suscetível aos herbicidas inibidores de ALS e avaliar possíveis diferenças de competitividade entre os biótipos. Os experimentos foram realizados em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições. Os tratamentos foram arranjados em série de substituição, em três experimentos: Experimento 1) Trigo com biótipo R, Experimento 2) Trigo com biótipo S e Experimento 3) Biótipo R com biótipo S, nas proporções: 100:0, 75:25, 50:50, 25:75 e 0:100. A competitividade foi

¹ Eng. Agrônoma, aluna de mestrado do Programa de Pós-graduação em Agronomia (PPGAgro) da FAMV/UPF, Área de Concentração em Proteção de Plantas.

analisada por meio de diagramas aplicados a experimentos substitutivos e índices de competitividade, com avaliação da massa seca da parte aérea das plantas. Observou-se que a planta daninha foi menos competitiva que a cultura. Avaliando-se a produtividade relativa total (PRT) em todas as situações observou-se que essa apresentou valores inferiores a 1 em todas as proporções avaliada, caracterizando assim, a ocorrência de prejuízo mutuo entre as espécies. Os biótipos R e S mostraram-se menos competitivos que o trigo, já o biótipo S é mais competitivos que o biótipo R para as condições impostas no experimento.

Palavras-chave: competição, interferência, planta daninha, série de substituição.

**COMPETITIVE ABILITY OF WHEAT IN ASSOCIATION
WITH BIOTYPES *Echium plantagineum* L. RESISTANT AND
SUSCEPTIBLE TO THE ALS INHIBITORS**

ABSTRACT - Plants compete with themselves or with other species by the resources available in the environment. The degree of interference caused between populations is dependent on the behavior of these species. The occurrence of *E. plantagineum* (EHIPL) resistant to metsulfurom methyl herbicide in wheat crops has caused losses of income in culture. There is the need to know the factors that influence in the competition with this weed and thus, develop management strategies. For this reason, the objective of this study was to investigate

the competitive ability of wheat in coexistence with biotypes of EHIPL resistant and susceptible to ALS inhibiting herbicides and to evaluate possible differences in competitiveness between the biotypes. The experiments were performed in a completely randomized design with four repetitions. The treatments were arranged in series of replacement, in three experiments: Experiment 1) Wheat with biotype R, Experiment 2) Wheat with biotype S and experiment 3) Biotype R with biotype S, in the proportions: 100:0, 75:25, 50:50, 25:75 and 0:100. The competitiveness was analyzed by means of diagrams applied to substitutive experiments and competitiveness indexes, with evaluation of the dry matter of the aerial part of the plants. It was observed that weed was less competitive than culture. Evaluating the total productivity (TRP) in all situations it was observed that this one showed values below 1 in all ratios evaluated, characterizing thereby the occurrence of mutual loss between species. The R and S biotypes were less competitive than the wheat while the S biotype is more competitive than the R biotype for the conditions imposed in the experiment.

Keywords: competition, interference, weed, replacement series.

1 INTRODUÇÃO

As plantas competem entre si ou com outras espécies pelos recursos luz, água, nutrientes e, em algumas situações, por CO₂ (ZANINE & SANTOS, 2004). O grau de competição imposto é dependente de fatores relacionados à comunidade infestante (espécie, população, distribuição e época de emergência) assim como à própria cultura (FLECK et al., 2008). Quando há competição entre indivíduos do mesmo gênero/espécie, a vantagem competitiva da cultura pode ser alterada, uma vez que ambos estão explorando o mesmo nicho ecológico (AGOSTINETTO et al., 2008).

A habilidade competitiva pode ser analisada, quanto aos seus efeitos, sob dois aspectos: supressão do crescimento de vizinhos e tolerância à presença de vizinhos (GOLDBERG & LANDA, 1991). A tolerância consiste na habilidade em manter a produtividade em situação de competição; já a supressão refere-se à capacidade da cultura em reduzir o crescimento das plantas daninhas por efeito de interferência (JANNINK et al., 2000).

Para determinar as interações competitivas que ocorrem entre genótipos e espécies de plantas são necessários delineamentos experimentais e métodos de análise apropriados, sendo os experimentos substitutivos convencionais os mais utilizados para compreender tais relações (ROUSH et al., 1989). Em experimentos conduzidos em séries substitutivas, geralmente as culturas demonstram maior habilidade competitiva do que as espécies daninhas; isso ocorre porque, em campo, o efeito da planta daninha sobre a cultura deve-se principalmente, ao

nível de infestação e não à sua habilidade competitiva individual (VILÁ et al., 2004).

Com o intuito de determinar as interações competitivas que ocorrem entre plantas daninhas e culturas são utilizados vários métodos, que abrangem fatores relacionados a população, proporção de espécies e arranjo espacial (RADOSEVICH, 1987), podendo isso ser avaliado através de experimentos: aditivos, sistemáticos, superfície de resposta e série de substituição. Em cada caso a resposta de uma espécie é utilizada para descrever a influência da outra na associação por meio de variáveis como produtividade, taxa de germinação, mortalidade de plantas, entre outras (RIGOLI et al., 2008). Esses experimentos visam determinar o grau de interferência que ocorre entre as plantas daninhas e cultura, assim como a agressividade de cada espécie presente nos estudos. Os experimentos em série de substituição possibilitam o estudo da habilidade competitiva entre espécies ou entre biótipos de uma mesma espécie

Esse tipo de experimento tem como premissa de que as produtividades de massa seca da cultura e da planta daninha assim como suas associações possam ser determinadas em comparação às do monocultivo. A série de substituição inclui a cultura sozinha e em mistura com plantas daninhas, em que a proporção das duas espécies estudadas varia. A população total de plantas deve ser constante em todos os tratamentos do experimento (RIGOLI et al., 2008). Esses experimentos são muito utilizados para avaliar a competitividade de biótipos resistentes e suscetíveis aos herbicidas (FLECK et al., 2008). Assim para que medidas de prevenção e manejo de resistência possam ser recomendadas de forma racional e com base em informações

consistentes de previsão da evolução da resistência em populações de plantas daninhas, é necessário que o comportamento biológico dos biótipos suscetíveis e resistentes seja caracterizado (GILL et al., 1996).

Nesses estudos, caso o biótipo resistente possua maior aptidão ecológica haverá ocupação mais rápida do nicho ecológico, em comparação ao biótipo suscetível, obtendo vantagens na competição. Diante disso, objetivou-se investigar a habilidade de biótipos de *Echium plantagineum* (EHIPL) resistente e suscetível aos herbicidas inibidores de ALS quando em convivência com trigo e avaliar possíveis diferenças de competitividade entre os biótipos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos de competição entre plantas de EHIPL (biótipos resistente e suscetível) com trigo foram desenvolvidos no período de maio a setembro de 2015, em casa de vegetação. As unidades experimentais consistiram de vasos plásticos de 30 cm de diâmetro e 26 cm de altura, com capacidade volumétrica de 11,5 L, perfazendo área superficial de 0,07 m². Foram preenchidos com mistura de substrato comercial do tipo Turfa Fértil[®] + solo oriundo da área experimental, classificado como Latossolo Vermelho Distrófico típico. Os tratamentos foram dispostos em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. A posição dos vasos foi alterada periodicamente, a fim de obter condições experimentais homogêneas. Utilizou-se sementes de trigo do cultivar BRS Parrudo e da planta daninha EHIPL resistente e suscetível.

As sementes de trigo e dos biótipos R e S foram postas a germinar em bandejas de isopor, preenchidas com substrato tipo Turfa Fértil®. Em testes preliminares, foi determinada a velocidade de emergência das sementes de trigo e dos biótipos para que coincidissem a emergência de ambos (dados não apresentados). Dez dias após a germinação, as plântulas de trigo e dos biótipos R e S foram transplantadas para as unidades experimentais. Este processo tem por objetivo eliminar os efeitos de diferentes velocidades de germinação sobre o processo competitivo, o que poderia mascarar os resultados.

A densidade populacional foi ajustada de acordo com a “Lei de produção final constante” (RADOSEVICH, et. al., 2007). Após ter sido realizado o desbaste a população definitiva foi de 8 plantas vaso⁻¹, equivalendo a 114 plantas m⁻², para atingir a produção de massa seca constante.

Os tratamentos consistiram de combinações de cinco proporções de trigo e biótipo R (Experimento 1), trigo e biótipo S (Experimento 2), biótipo R e biótipo S (Experimento 3), ou seja, 8:0 (que correspondeu a oito plantas de trigo ou 100% do estande puro das culturas), 6:2 (seis plantas de trigo e duas plantas da espécie daninha, que correspondeu à proporção de 75:25%), 4:4 (quatro plantas de trigo e quatro plantas da espécie daninha, proporções de 50:50%), 2:6 (duas plantas de trigo e seis plantas da espécie daninha, proporções de 25:75%) e 0:8 (oito plantas da espécie daninha, 100% estande puro).

A coleta de todas as plantas das unidades experimentais foi realizada sessenta e cinco dias após a emergência (DAE), cortando - as rente ao solo, para posteriores avaliações. O trigo encontrava-se em estágio de alongamento, o biótipo R em fase vegetativa e o biótipo S no

início da emissão do pedúnculo floral. Após o corte, as plantas foram acondicionadas em sacos de papel, identificadas e mantidas em estufa a 65°C por período de 72 horas ou até obter massa constante. Em balança de precisão determinou-se a massa seca da parte aérea (MSPA).

Para análise dos resultados, utilizou-se o método de análise gráfica ou convencional para experimentos substitutivos (RADOSEVICH, 1987; COUSENS, 1991). Este procedimento visa a construção de diagramas com base na produtividade relativa (PR) e relativa total (PRT), nas proporções de 0, 25, 50, 75 e 100% da cultura, e planta daninha, planta daninha resistente e planta daninha suscetível.

Para calcular a PR dividiu-se a média da mistura pela média da monocultura, incluindo-se no cálculo a média por planta de cada espécie em cada unidade experimental. A PRT representa a soma das PR dos competidores nas respectivas proporções de plantas (HOFFMAN & BUHLER, 2002).

As fórmulas para o cálculo das produtividades relativas e totais, segundo (HOFFMAN & BUHLER, 2002), foram as seguintes:

$$P_{ra} = (p) (A_{mix}/A_{mon})$$

$$P_{rb} = (1 - p) (B_{mix}/B_{mon})$$

$$PRT = P_{ra} + P_{rb}, \text{ no qual:}$$

P_{ra} = produtividade relativa da espécie “a” ((trigo- EXP1 e EXP2 ou biótipo R (EXP3))

P_{rb} = produtividade relativa da espécie “b” (*E. plantagineum*)

p = proporção de “a” em % dividido por 100

A_{mix} = valor da variável a ser analisada (ex: massa seca) de “a” em mistura

A_{mon} = valor da variável a ser analisada de “a” em monocultura

Bmix = valor da variável a ser analisada de “b” em mistura

Bmon = valor da variável a ser analisada de “b” em monocultura

PRT = Produtividade relativa total

Quando a PR resultar em uma linha reta significa que não há efeito de competição entre as espécies ou a habilidade competitiva entre elas são equivalentes; se a PR resultar em linha convexa ocorre benefício de uma ou ambas as espécies; se a PR resultar em linha côncava significa que ocorreu prejuízo a uma ou ambas as espécies. Para a PRT, se $PRT = 1$ (reta), a competição ocorre pelos mesmos recursos; $PRT > 1$ (convexa) não ocorre competição devido à demanda não superar os recursos, ou por que as espécies possuem nichos ecológicos diferentes; $PRT < 1$ (côncava) ocorre antagonismo, prejuízo mútuo às espécies envolvidas (RADOSEVICH, 1987; HOFFMAN & BUHLER, 2002).

Também calculou-se índices de competitividade relativa (CR), coeficiente de agrupamento relativo (K) e de agressividade (A) os quais foram calculados nas proporções: 50% de trigo e biótipo R (EXP1), 50% de trigo e biótipo S (EXP2) e 50% de biótipo R e biótipo S (EXP3). A CR representa o crescimento comparativo da espécie “a” em relação à espécie “b”; K indica a dominância relativa de uma espécie sobre a outra; e A demonstra qual espécie que se apresenta mais competitiva. Através da interpretação desses valores, é possível mensurar o grau de competitividade entre as espécies (RADOSEVICH, 1987; COUSENS, 1991).

As fórmulas para cálculo desses índices são as seguintes:

$$CR = ((1-p)/p) * (PRa/PRb)$$

$$Ka = ((1-p)/p) * (PRa/(1-PRa))$$

$$K_b = ((1-p)/p) * (PR_b / (1-PR_b))$$

$$A = (PR_a / 2p) - (PR_b / (2(1-p)))$$

A espécie “a” será mais competitiva que a espécie “b” quando: $CR > 1$, $K_a > K_b$ e $A > 0$, ou a espécie “b” será mais competitiva quando: $CR < 1$, $K_a < K_b$ e $A < 0$ (HOFFMAN & BUHLER, 2002). Para a análise estatística da produtividade relativa, calcularam-se primeiramente as diferenças para os valores de PR (DPR) obtidos nas proporções de 25, 50 e 75% de plantas em relação aos valores pertencentes às retas hipotéticas nas respectivas proporções: 0,25; 0,50 e 0,75.

Utilizou-se o teste “t” ($p \leq 0,05$) para testar as diferenças relativas aos índices DPR, PRT, CR, K e A em relação às retas hipotéticas, com auxílio do software estatístico SAS (Statistical Analysis System- versão 8.0). Para as hipóteses de nulidade para testar as diferenças de DPR e A usou-se as médias iguais a zero ($H_0 = 0$); para PRT e CR, que as médias fossem iguais a unidade ($H_0 = 1$); para o índice K, as médias das diferenças entre K_a e K_b fossem iguais a zero ($H_0 = (K_a - K_b) = 0$). As variáveis MSPA e AF foram expressas em valores médios por planta e submetidos a análise de variância. Quando significativos, as médias foram comparadas pelo teste de Dunnett ($p \leq 0,05$), considerando as monoculturas como testemunhas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise gráfica dos resultados referentes a produtividade relativa (PR) da massa seca de parte aérea (MSPA) não evidenciou prejuízos para cultura do trigo por efeitos competitivos com o biótipo

R da planta daninha (Figura 1). Observou-se aumento da PR para o trigo quando biótipo R estava em densidade inferior ou igual ao trigo. O biótipo R reduziu a PR quando em associação com a cultura em todas as proporções em mistura. Neste caso o trigo foi mais competitivo que a planta daninha (Figura 1).

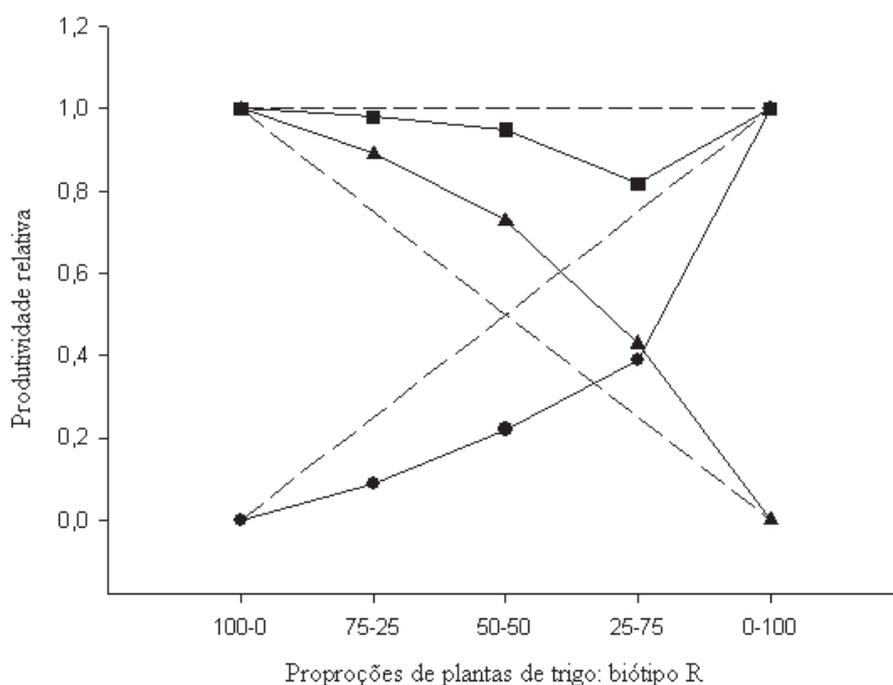


Figura 1- Produtividade relativa (PR) e total (PRT) para massa seca da parte aérea de plantas de trigo e biótipo R, em função da proporção de plantas. FAMV-UPF, Passo Fundo, RS, 2015. (▲) PR do cultivar de trigo, (●) PR do biótipo R e (■) PRT. Linhas tracejadas representam as produtividades relativas hipotéticas, quando não ocorre interferência de uma espécie sobre a outra.

Em trabalho realizado com trigo em competição com azevém e nabo, a cultura foi mais competitiva em relação ao azevém e mostrou-se menos competitiva quando em convivência com nabo (RIGOLI et al., 2008).

A PRT diferiu dos valores esperados sendo significativa em relação as retas hipotéticas para todas as proporções de em mistura (Figura 1 e Tabela 1).

Tabela 1- Diferenças relativas de produtividade (DPR) e produtividade relativa total (PRT), para massa seca da parte aérea, nas proporções 75/25, 50/50 e 25/75 de plantas de trigo associadas com o biótipo R. FAMV-UPF, Passo Fundo, RS, 2015

	Proporções de plantas (trigo x biótipo R)		
	75/25	50/50	25/75
DPR trigo	-0,141(±0,070)*	-0,023(±0,114)*	-0,179(±0,089)*
DPR biótipo R	0,160 (±0,080)*	0,279 (±0,139)*	0,361 (±0,180)*
PRT	0,980 (±0,010) ^{ns}	0,949 (±0,030) ^{ns}	0,817 (±0,09)*

^{ns} Não significativo. * Significativo a 5% ($p < 0,05$) pelo teste t. Valores entre parênteses representam o erro-padrão da média.

Os índices de crescimento relativo (CR), coeficiente de agrupamento (K) e agressividade (A), mostraram que o trigo foi mais competitivo que o biótipo R, pois $CR > 1$; $K_T > K_R$; $A > 0$ (Tabela 2). O índice CR obtido mostrou que o trigo quando emergido junto com a planta daninha levou vantagem competitiva. Wandscheer et al., (2014) ao trabalharem com milho e capim-sudão observaram que os índices de competitividade não diferiram entre as proporções (75/25; 50/50 e 25/75) para massa seca de parte aérea.

Tabela 2- Índices de competitividade de trigo e biótipo R, expressos por competitividade relativa (CR), coeficientes de agrupamento relativo (K) e agressividade (A). FAMV-UPF, Passo Fundo, RS, 2015

Massa seca parte aérea (trigo x biótipo R)			
CR	KT= trigo	KS= biótipo R	A
3,30 ($\pm 0,270$)*	2,69 ($\pm 0,176$)*	0,28($\pm 0,040$)*	0,51($\pm 0,011$)*

* Significativo a 5% ($p < 0,05$) pelo teste t. Valores entre parênteses representam o erro-padrão da média.

A resposta do trigo a interferência do biótipo R nas diferentes proporções de plantas indicou diferença significativa na produtividade de massa seca do trigo em relação ao monocultivo quando a cultura encontrava-se em equivalência (50:50) e em menor proporção com a planta daninha (Tabela 3).

Mennan & Isik (2004) observaram que a massa seca de plantas de trigo foi menor quando em populações mais altas de plantas daninhas. O mesmo pode ser observado no estudo, onde a maior a densidade da planta daninha, resultou na menor resposta em incremento de massa seca para as plantas de trigo.

Tabela 3- Resposta do trigo à interferência com biótipo R, aos 60 dias após a emergência. FAMV-UPF, Passo Fundo, RS, 2015

	Proporções de plantas (trigo x biótipo R)					CV (%)
	100/0 (T)	75/25	50/50	25/75	0/100 (T)	
Trigo ^{1/}	6,0	5,0	4,3*	1,4*	-	21,2
Biótipo R	-	9,4*	13,3*	19,2	19,9	38,7

^{1/} Massa seca da parte aérea. ^{ns} Não significativo. * Média difere da testemunha (T) pelo teste de Dunett ($p < 0,05$). CV coeficiente de variação.

A análise gráfica das combinações de trigo e biótipo S apresentaram as mesmas características que para trigo convivendo com o biótipo R onde, as plantas de trigo foram mais competitivas que a planta daninha (Figura 2).

A PR da cultura foi representada por uma linha convexa e a da planta daninha por uma linha côncava em relação as retas hipotéticas (Figura 2). Em relação a PR e PRT do trigo e do biótipo S as diferenças foram significativas em todas as proporções da mistura analisadas (Tabela 4).

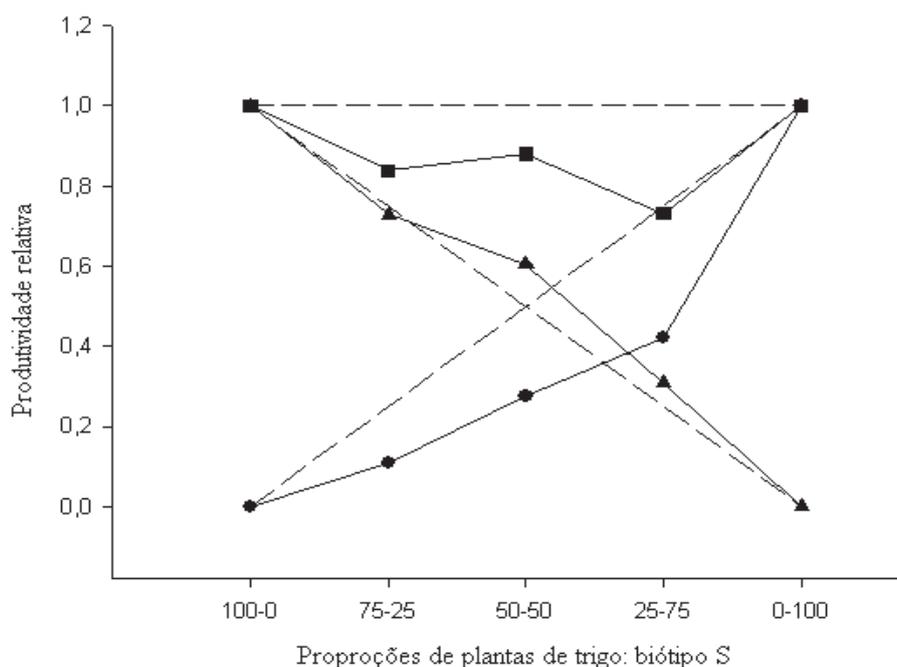


Figura 2- Produtividade relativa (PR) e total (PRT) para massa seca da parte aérea de plantas de trigo e biótipo S, em função da proporção de plantas. FAMV-UPF, Passo Fundo, RS, 2015. (▲) PR do cultivar de trigo, (●) PR do biótipo S e (■) PRT. Linhas tracejadas representam as produtividades relativas hipotéticas, quando não ocorre interferência de uma espécie sobre a outra.

Em todas as proporções a PRT foi inferior a 1, caracterizando-se como uma linha côncava (Figura 2). Essa diferença observada entre as produtividades relativas de trigo e biótipo S, refletiu da mesma forma para a PRT, mostrando efeito antagônico para ambas as espécies, onde ocorre prejuízo mútuo, pois ambas competem pelos mesmos recursos. Agostinetto et al., (2008) observaram prejuízo mútuo ao crescimento de arroz irrigado quando em conjunto com o competidor capim arroz.

Tabela 4- Diferenças relativas de produtividade (DPR) e produtividade relativa total (PRT), para massa seca da parte aérea, nas proporções 75/25, 50/50 e 25/75 de plantas de trigo associadas com o biótipo S. FAMV-UPF, Passo Fundo, RS, 2015

	Proporções de plantas (trigo x biótipo S)		
	75/25	50/50	25/75
DPR trigo	-0,479(±0,011)*	-0,106(±0,052)*	-0,060(±0,030)*
DPR biótipo S	0,140 (±0,294)*	0,225 (±0,190)*	0,328 (±0,009)*
PRT	0,838 (±0,054)*	0,880 (±0,060)*	0,732 (±0,134)*

^{ns} Não significativo. * Significativo a 5% ($p < 0,05$) pelo teste t. Valores entre parênteses representam o erro-padrão da média.

Todos os índices de competitividade variaram para as diferentes relações de trigo x biótipo S (Tabela 5). O biótipo S demonstrou ser menos competitivo, dominante e agressivo em relação ao trigo, pois os resultados foram $CR > 1$, $KT > KS$ e $A > 0$. Através da interpretação conjunta desses valores é possível afirmar que o biótipo S assim como o biótipo R relatado anteriormente são menos competitivos

que o trigo quando emergidos juntos. Os biótipos R e S exercem habilidade competitiva semelhante quando submetidos a competição com trigo.

Porém essas respostas podem ser afirmadas somente para as condições nas quais o estudo foi realizado, e com as limitações do modelo experimental utilizado. Esses resultados não podem ser extrapolados para campo pois, as condições e os efeitos são mais significativos, sendo que muitas vezes o dano sobre a cultura não decorre necessariamente da habilidade competitiva da espécie daninha, mas da densidade em que essa encontra – se na área (BIANCHI et al., 2006).

Tabela 5- Índices de competitividade de trigo e biótipo S, expressos por competitividade relativa (CR), coeficientes de agrupamento relativo (K) e agressividade (A). FAMV-UPF, Passo Fundo, RS, 2015

Massa seca parte aérea (trigo x biótipo S)			
CR	KT= trigo	KS= biótipo S	A
2,20(±0,228)*	1,54(±0,022)*	0,38(±0,007)*	0,33(±0,002)*

^{ns} Não significativo. * Significativo a 5% (p<0,05) pelo teste t. Valores entre parênteses representam o erro-padrão da média.

Ao comparar a resposta da cultura a interferência com o biótipo S observou-se decréscimo significativo na produção de MSPA quando o trigo estava em menor proporção (Tabela 6). Isso é um indicativo que houve competição interespecífica entre a cultura e a planta daninha. O mesmo foi observado para o biótipo S que também apresentou efeito significativo, com decréscimo de MSPA quando a

planta daninha encontrava-se em igual ou menor proporção da cultura (Tabela 6).

Tabela 6- Resposta do trigo à interferência com biótipo S, aos 60 dias após a emergência. FAMV-UPF, Passo Fundo, RS, 2015

	Proporções de plantas (trigo x biótipo S)					CV (%)
	100/0 (T)	75/25	50/50	25/75	0/100 (T)	
Trigo ^{1/}	6,9	3,9*	2,5*	1,4*	-	32,3
Biótipo S	-	9,5*	14,2*	15,7	15,9	13,3

^{1/} Massa seca da parte aérea. ^{ns} Não significativo. * Média difere da testemunha (T) pelo teste de Dunett (p<0,05). CV coeficiente de variação.

A análise gráfica referente a PR e PRT mostrou diferenças em relação a produção de MSPA entre os biótipos R e S (Figura 3). As diferenças foram observadas nas proporções 75/25 e 50/50, já a relação na proporção 25/75 ficou muito próxima ao esperado.

Nas relações 75/25 e 50/50, observou-se, efeito antagônico para PRT (Figura 3). Isso mostra que ambas as populações foram prejudicadas estando em convívio. A proporção 25/75 não diferiu para nenhuma produtividade relativa, já para a produtividade relativa total o valor observado foi muito próximo a 1 (Tabela 7). Para Fraga et al., (2013) a PR foi semelhante entre os biótipos de azevém R e S. Já para as condições do presente estudo isso não foi verificado, pois o biótipo S demonstrou ser mais competitivo que o biótipo R.

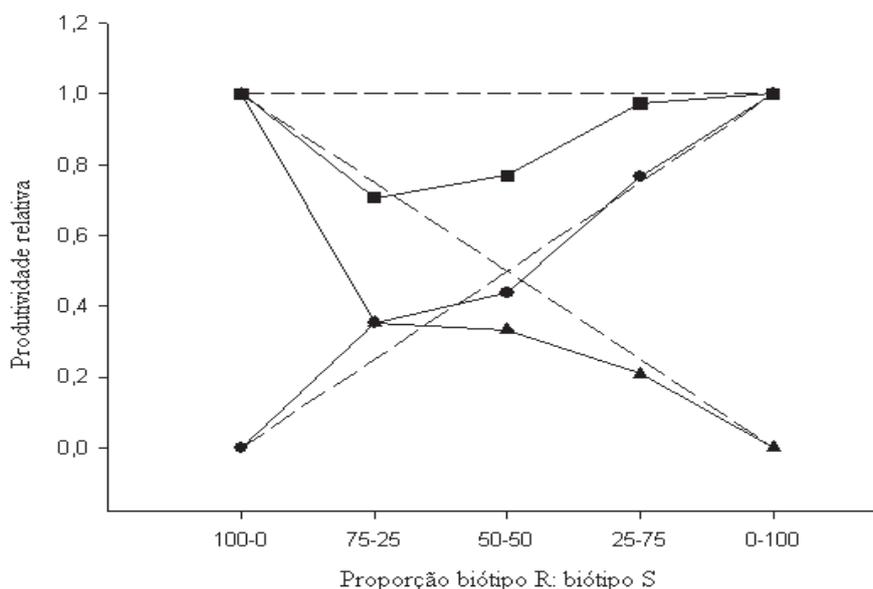


Figura 3- Produtividade relativa (PR) e total (PRT) para massa seca da parte aérea de plantas do biótipo R e biótipo S, em função da proporção de plantas. FAMV-UPF, Passo Fundo, RS, 2015. (▲) PR do biótipo R, (●) PR do biótipo S e (■) PRT. Linhas tracejadas representam as produtividades relativas hipotéticas, quando não ocorre interferência de uma espécie sobre a outra.

Tabela 7- Diferenças relativas de produtividade (DPR) e produtividade relativa total (PRT), para massa seca da parte aérea, nas proporções 75/25, 50/50 e 25/75 de *Echium plantagineum* associadas, biótipo R e S. FAMV-UPF, Passo Fundo, RS, 2015

	Proporções de plantas (trigo x biótipos R e S)		
	75/25	50/50	25/75
DPR biótipo R	0,397(±0,044)*	0,167(±0,019)*	-0,039 (±0,063) ^{ns}
DPR biótipo S	0,596(±0,052)*	0,064(±0,008)*	-0,887 (±0,058) ^{ns}
PRT	0,682 (±0,054)*	0,735(±0,052)*	0,961 (±0,061) ^{ns}

^{ns} Não significativo. * Significativo a 5% ($p < 0,05$) pelo teste t. Valores entre parênteses representam o erro-padrão da média.

Através dos resultados dos índices de competitividade, dominância e agressividade, nota-se que o biótipo S foi mais competitivo que o biótipo R, uma vez que $CR < 1$, $KR < KS$, $A < 1$ (Tabela 8). Isso mostra que para as condições do estudo os biótipos não apresentaram as mesmas características em relação a adaptabilidade ecológica.

Tabela 8-Índices de competitividade de biótipos R e S, expressos por competitividade relativa (CR), coeficientes de agrupamento relativo (K) e agressividade (A). FAMV-UPF, Passo Fundo, RS, 2015

Massa seca parte aérea (biótipos R x S)			
CR	KR= biótipo R	KS= biótipo S	A
0,763(±0,103)*	0,532 (±0,139)*	0,880(±0,294)*	0,353 (±0,055)*

^{ns} Não significativo. * Significativo a 5% ($p < 0,05$) pelo teste t. Valores entre parênteses representam o erro-padrão da média.

A MSPA entre o s biótipos R e S diferiu significativamente para ambos os biótipos (Tabela 9). Ocorreu diferença significativa em relação ao monocultivo quando o biótipo R apresentava-se em maior ou igual proporção de plantas. Já para o biótipo S isso foi verificado, apenas quando esse encontrava-se em maior proporção.

Tabela 9- Resposta do biótipo R, à interferência com o biótipo S, aos 60 dias após a emergência. FAMV-UPF, Passo Fundo, RS, 2015

	Proporções de plantas (biótipo R x biótipo S)					CV (%)
	100/0 (T)	75/25	50/50	25/75	0/100 (T)	
Biótipo R ^{I/}	19,9	9,4*	13,3*	19,2	-	29
Biótipo S	-	9,5*	14,2	15,6	15,9	13

^{I/} Massa seca da parte aérea. ^{ns} Não significativo. * Média difere da testemunha (T) pelo teste de Dunett ($p < 0,05$). CV coeficiente de variação.

Em estudo realizado com *Bidens pilosa* resistente e suscetível aos inibidores de ALS, constatou-se que o biótipo S acumulou maior quantidade de massa seca nas primeiras fases de crescimento em relação ao resistente, porém no final do ciclo igualaram-se, sem diferirem entre si (CHRISTOFFOLETI, 2001). Em outro trabalho realizado com biótipos de *Lolium multiflorum* R e S ao herbicida glifosato também observou-se que o biótipo S foi mais competitivo que o R (FERREIRA et al., 2008).

Através dos resultados observados nesta pesquisa é possível afirmar que a cultivar de trigo BRS Parrudo possui habilidade competitiva superior aos biótipos R e S. Essa maior habilidade competitiva do trigo possivelmente está relacionada as suas características, pois o cultivar apresenta rápido desenvolvimento o que pode favorecer o cultivar em relação a planta daninha. De forma geral, o biótipo suscetível ao herbicida metsulfurom metílico é mais competitivo que o resistente nas condições experimentais impostas. Uma vez que o crescimento inicial mais vigoroso de cultivares pode ser decisivo na resposta de sua competitividade com a flora daninha predominante (FLECK et al., 2006).

4 CONCLUSÃO

A cultivar de trigo BRS Parrudo possui habilidade competitiva superior aos biótipos de *E. plantagineum* resistente e suscetível aos herbicidas inibidores de ALS.

O biótipo suscetível de *E. plantagineum* é mais competitivo que o biótipo resistente, com domínio do biótipo S sobre o biótipo R.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pelos dos resultados confirma-se que o biótipo R de EHIPL é resistente ao herbicida metsulfurom metílico. Essa resistência é classificada como elevada, o que, torna-se inviável o controle dessa planta daninha com esse herbicida. A hipótese de que esse biótipo também pudesse apresentar resistência cruzada aos herbicidas inibidores da ALS foi confirmada.

Mesmo havendo herbicidas alternativos testados no estudo que controlam o biótipo R de EHIPL resistente aos inibidores da ALS como no caso glifosato, bentazona, safufenacil, 2,4-D e paraquate é de extrema importância rotacionar os mecanismos. Assim como aliar ao controle químico o método cultural a fim de não comprometer a eficácia desses herbicidas que controlam a espécie.

A convivência do biótipo de EHIPL com trigo, demonstrou que a planta daninha possui menor habilidade competitiva que a cultura, para ambos os biótipos, nas condições experimentais utilizadas. Esses resultados não podem ser extrapolados para o campo, pois além de haver maior número de espécies envolvidas, a densidade pode ser diferente daquelas testadas em estudos, assim como a emergência de ambas espécies não ocorrer simultaneamente, o que pode mudar o ritmo de competição, interferindo nos resultados. Para que seja possível afirmar resultados a campo, é necessário realizar trabalhos a fim de avaliar a competição dessa planta daninha a campo, para comparar com os resultados obtidos em casa de vegetação.

REFERÊNCIAS

AGOSTINETTO, D.; VIDAL, R. A.; FLECK, G. N.; RIZZARDI, M. A. Resistência de plantas aos herbicidas inibidores da enzima Acetil coenzima A carboxilase (ACCCase). *Revista Brasileira de Herbicidas*, Brasília, v. 3, n. 2, p. 155 – 161, 2002.

AGOSTINETTO, D.; GALON, L.; MORAES, P. V. D.; RIGOLI, R. P.; TIRONI, S. P.; PANOZZO, L. E. Competitividade relativa entre cultivares de arroz irrigado e biótipo de capim-arroz (*Echinochloa* spp.). *Planta Daninha*, Viçosa, v. 26, n. 4, p. 757-766, 2008.

AGUILERA, D. B.; FERREIRA, F. A.; CECON, P. R. Crescimento de *Siegesbeckia orientalis* sob diferentes condições de luminosidade. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 22, n. 1, p. 43-51, 2004.

ANDRADE, A. C.; FONSECA, D. M. da.; LOPES, R. dos. S.; JÚNIOR, D. do. N.; CECEON, P. R.; QUEIROZ, D. S.; PEREIRA, D. H.; REIS, S. T. Análise de crescimento do capim elefante 'NAPIER' adubado e irrigado. *Ciência Agrotecnologia*, Lavras, v. 29, n. 2, p. 425-423, 2005.

AUMONDE, T. Z.; PEDÓ, T.; MARTINAZZO, E. G.; MORAES, D. M.; VILLELA, F. A.; LOPES, N. F. Análise de crescimento e partição de assimilados em plantas de maria-pretinha submetidas a níveis de sombreamento. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 31, n. 1, p. 99-108, 2013.

BECKIE, H. J.; WARWICK, S. I.; SAUDER, C. A. Acetolactate synthase (ALS) inhibitor-resistant wild buckwheat (*Polygonum convolvulus*) in alberta. *Weed Technology*, Lawrence, v. 26, n. 1, p. 156-160, 2012.

BENINCASA, M. M. P. *Análise de crescimento de plantas: noções básicas*. 2 ed. Jaboticabal: Fundação de Estudos e Pesquisas em Agronomia, Medicina Veterinária e Zootecnia, 2003. 41 p.

BIANCHI, M. A.; FLECK, N. G.; LAMEGO, F. P. Proporção entre plantas de soja e plantas competidoras e as relações de interferência mútua. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 36, n. 5, p. 1380-1387, 2006.

BOUTSALIS, P.; KAROTAM, J.; POWLES, S. Molecular basis of resistance to acetolactate synthase-inhibiting herbicides in *Sisymbrium orientale* and *Brassica tournefortii*. *Pest Management Science*, Oxford, v. 55, n. 5, p. 507-516, 1999.

BRAIN, P.; COUSENS, R. An equation to describe dose responses where there is stimulation of growth at low doses. *Weed Research*, Lawrence, v.29, n. 2, p.93-96, 1989.

BROWN, H. M. Mode of action, crop selectivity, and soil relations of the sulfonylurea herbicides. *Pest Management Science*, Oxford, v. 29, n. 3, p. 263-281, 1990.

CARVALHO, S. J. P. de.; LÓPEZ-OVEJERO, R. F.; CHRISTOFFOLETI, J. P. Crescimento e desenvolvimento de cinco espécies de plantas daninhas do gênero *Amaranthus*. *Bragantia*, Campinas, v. 67, n. 2, p. 317-326, 2008.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; FILHO, R. V.; SILVA, C. B. Resistência de plantas daninhas aos herbicidas. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 12, n. 1, p. 13- 20, 1994.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; VICTÓRIA FILHO, R. Efeitos da densidade e proporção de plantas de milho (*Zea mays* L.) e caruru (*Amaranthus retroflexus* L.) em competição. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 14, n. 1, p. 42-47, 1996.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; MEDEIROS, D.; MONQUEIRO, P. A.; PASSINI, T. Plantas daninhas à cultura da soja: controle químico e resistência a herbicidas. In: CÂMARA, G.M.S. (Ed.) *Soja: tecnologia da produção*. Piracicaba: ESALQ, 2000. p. 179-202.

CHRISTOFFOLETI, P. J. Análise comparativa do crescimento de biótipos de picão-preto (*Bidens pilosa*) resistente e suscetível aos herbicidas inibidores da ALS. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 19, n. 1, p. 75-83, 2001.

CHRISTOFFOLETI, P. J. Curvas de dose-resposta de biótipos resistente e suscetível de *Bidens pilosa* L. aos herbicidas inibidores da ALS. *Scientia Agícola*, Piracicaba, v. 59, n. 3, p. 513-519, 2002.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; LÓPEZ-OVEJERO, R. F. Resistência das plantas daninhas a herbicidas: definições, bases e situação no Brasil e no mundo. In: CHRISTOFFOLETI, P. J. (Coord.). *Aspectos de resistência de plantas daninhas a herbicidas*. 3. ed., Piracicaba: Associação Brasileira de Ação à Resistência de Plantas aos Herbicidas (HRAC-BR), 2008, p. 9-34.

COSTA, L. O.; RIZZARDI, M. A. Herbicidas alternativos para o controle de *Raphanus raphanistrum* L. resistente ao herbicida metsulfurom metílico. *Revista Brasileira de Herbicidas*, Londrina, v. 12, n. 3, p. 268-276, 2013.

COSTA, L. O.; RIZZARDI, M. A. Resistance of *Raphanus raphanistrum* to the herbicide Metsulfurom-methyl. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 32, n. 1, p. 181-187, 2014.

COUSENS, R. Aspects of the design and interpretation of competition (interference) experiments. *Weed Technology*, Lawrence, v.5, n.3, p. 664-673, 1991.

DAL MAGRO, T.; REZENDE, S. T.; AGOSTINETTO, D.; VARGAS, L.; SILVA, A. A.; FALKOSKI, D. L. Propriedades enzimáticas da enzima ALS de *Cyperus difformis* e mecanismo de resistência da espécie ao herbicida pyrazosulfuron-ethyl. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 40, n. 12, p. 2439-2445, 2010.

DAL MAGRO, T.; SCHAEGLER, C. E.; FONTANA, L. C.; AGOSTINETTO, D.; VARGAS, L. Habilidade competitiva entre biótipos de *Cyperus difformis* L. resistente ou suscetível a herbicidas inibidores de ALS e destes com arroz irrigado. *Bragantia*, Campinas, v. 70, n. 2, p. 294-301, 2011.

DEVINE, M. D.; SHUKLA, A. Altered target sites as a mechanism of herbicide resistance. *Crop Protection*, Washington, v. 19, p. 881-889, 2000.

DYER, W. E.; CHEE, P. W.; FAY, P. K. Rapid germination of sulfonylurea-resistant *Kochia scoparia* accessions is associated with elevated seed levels of branched chain amino acids. *Weed Science*, Lawrence v. 41, p. 18-22, 1993.

FALQUETO, A. R.; CASSOL, D.; MARTINS JÚNIOR, A. M de M.; OLIVEIRA, A. C.; BACARIN, M. A. Partição de assimilados em cultivares de arroz diferindo no potencial de produtividade de grãos. *Bragantia*, Campinas, v. 68, n. 3, p. 453-461, 2009.

FERRI, M. V. W.; VIDAL, R. A. Controle de plantas daninhas com herbicidas cloroacetamidas em sistemas convencional e de semeadura direta. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 21, n. 1, p. 131-136, 2003.

FERREIRA, E. A.; CONCENÇO, G.; SILVA, A. A.; REIS, M. R.; VARGAS, L.; VIANA, R. G.; GUIMARÃES, A. A.; GALON, L. Potencial competitivo de biótipos de azevém (*Lolium multiflorum*). *Planta Daninha*, Viçosa, v. 26, n. 2, p. 261-269, 2008.

FLECK, N. G.; BIANCHI, M. A.; RIZZARDI, M. A.; AGOSTINETTO, D. Interferência de *Raphanus sativus* sobre cultivares de soja durante a fase vegetativa de desenvolvimento da cultura. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 24, n. 3, p. 425-434, 2006.

FLECK, N. G.; AGOSTINETTO, D.; GALON, L.; SCHAEGLER, C. E. Competitividade relativa entre cultivares de arroz irrigado e biótipo de arroz-vermelho. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 26, n. 1, p. 101-111, 2008.

FRAGA, D. S.; AGOSTINETTO, D.; VARGAS, L.; NOHATTO, M.A.; THÜRMER, L.; HOLZ, M.T. Adaptive value of ryegrass biotypes with low-level resistance and susceptible to the herbicide fluazifop and competitive ability with the wheat culture. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 31, n. 4, p. 875-885, 2013.

GAZZIERO, D. L. P.; BRIGHENTI, A. M.; MACIEL, C. G.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; ADEGAS, F. S.; VOLL, E. Resistência de amendoim-bravo aos herbicidas inibidores da enzima ALS. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 16, p. 117-125, 1998.

GILL, G. S.; COUSENS, R. D.; ALLAN, M. R. Germination, growth, and development of herbicide resistant and susceptible populations of rigid ryegrass (*Lolium rigidum*). *Weed Science*, Lawrence v. 44, n. 2, p. 252-256, 1996.

GOLDBERG, D. E.; LANDA, K. Competitive effect and response: Hierarchies and correlated traits in the early stages of competition. *Journal of Ecology*, Chicago, v. 79, n. 4, p. 1013-1030, 1991.

HASHEM, A.; BOWRAN, D.; PIPER, T.; DHAMMU, A. Resistance of wild radish (*Raphanus raphanistrum*) to acetolactate synthaseinhibiting herbicides in the western Australia wheat belt weed. *Weed Technology*, Lawrence, v. 15, n. 1, p. 68-74, 2001.

HEAP, I. *International survey of herbicide resistant weeds*. Disponível em: <http://www.weedscience.org/In.asp>. Acesso em: 20 fev. 2016.

HOFFMAN, M. L.; BUHLER, D. D. Utilizing *Sorghum* as a functional model of crop-weed competition. I. Establishing a competitive hierarchy. *Weed Science*, Lawrence, v. 50, n. 4, p. 466-472, 2002.

HOLT, J. S.; RADOSEVICH, S. R. Differential growth of two common groundsel (*Senecio vulgaris*) biotypes. *Weed Science*, Lawrence, v.31, n. 1, p.112-120, 1983.

JANNINK, J. J.; ORF, J. H.; JORDAN, N. R.; SHAW, R. G. Index selection for weed suppressive ability in soybean. *Crop Science*, Wisconsin, v. 40, n. 4, p. 1087-1094, 2000.

KISSMANN, K. G.; GROTH, D. *Plantas infestantes e nocivas*. Tomo II, 2 ed. São Paulo: Basf Brasileira, 1999. 978 p.

LIMA, J. F. de.; PEIXOTO, C. P.; LEDO, C. A. da. S. Índices fisiológicos e crescimento inicial de mamoeiro (*Carica papaya* L.) em casa de vegetação. *Ciência e Agrotecnologia*., Lavras, v. 31, n. 5, p. 1358-1363, 2007.

LÓPEZ-OVEJERO, R. F.; CARVALHO, S. J. P.; NICOLAI, M.; PENCKOWSKI, L. H.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Resistência de populações de capim-colchão (*Digitaria ciliaris*) aos herbicidas

inibidores da acetil Co-A carboxilase. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 23, n. 3, p. 543-549, 2005.

LÓPEZ-OVEJERO, R. F.; R. F.; NOVO, M. DO. C. DE. S. S.; CARVALHO, S. J. P. DE; NICOLAI, M.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Crescimento e competitividade de biótipos de capim-colchão resistente e suscetível aos herbicidas inibidores da acetil coenzima A carboxilase. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 42, n. 1, p. 1-8. 2007.

MACHADO, A. F. L.; FERREIRA, L. R.; FERREIRA, F. A.; FIALHO, C. M. T.; TUFFI SANTOS, L. D.; MACHADO, M. S. Análise de crescimento de *Digitaria insularis*. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 24, n. 4, p. 641-647, 2006.

MALLORY-SMITH, C. A., THILL, D. C., DIAL, M. J. Identification of sulfonylurea herbicide resistant prickly lettuce (*Lactuca serriola*). *Weed Technology*, Lawrence, v.4, n. 1, p.787-790, 1990.

MARCHIORO, V. S.; FRANCO, F. A. *Informações técnicas para trigo e triticale - safra 2011*. Cascavel, Coodetec. Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale, 2010. 170 p.

MCCULLOUGH, E. P.; SCOTT MCELROY, Y. J., CHEN, S.; ZHANG, H.; GREY, L. T.; CZARNOTA, A. M. ALS-Resistant Annual Sedge (*Cyperus compressus*) Confirmed in turfgrass. *Weed Science*, Lawrence, v. 64, n. 1, p. 33- 41, 2016.

MENNAN, H.; ISIK, D. The competitive ability of *Avena* spp. And *Alopecurus myosuroides* Huds. influenced by different wheat (*Triticum aestivum*) cultivars. *Journal of Agriculture & Forestry*, v. 28, n. 4, p. 245-251, 2004.

MONQUEIRO, P. A.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; DIAS, C. T. S. Resistência de plantas daninhas aos herbicidas inibidores da ALS na cultura da soja (*Glycine max*). *Planta Daninha*, Viçosa, v. 18, n. 3, p. 419-425, 2000.

MONTEIRO, J. E. B. A.; SENTELHA, P. C.; CHIAVEGATO, E. J.; GUISELINI, C.; SANTIAGO, A. V.; PRELA, A. Estimação da área

foliar do algodoeiro por meio de dimensões e massa das folhas. *Bragantia*, Campinas, v. 64, n. 1, p. 15-24, 2005.

MORAES, L. de.; SANTOS, R. K.; WISSER, T. Z.; KRUIPEK, R. A. Avaliação da área foliar a partir de medidas lineares simples de cinco espécies vegetais sob diferentes condições de luminosidade. *Revista Brasileira de Biociência*, Porto Alegre, v. 11, n. 4, p. 381-387, 2013.

MORRISON, I. N.; BOURGEOIS, L. Approaches to managing ACCase inhibitor resistance in wild oat on the Canadian prairies. In: Cop Protection Conference: Weeds, n. 1., 1995, Brighton. *Anais... Proceedings of an international conference*, 1995, p. 567-576.

NEVILL, D.; CORNES, D.; HOWARD, S. *Weed resistance: The Role of HRAC in the Management of Weed Resistance*. Pesticide Outlook, 1998. Disponível em: <<http://www.hracglobal.com/Publications/HRACManagementandWeedResistance.aspx>>. Acesso em: 18 jan. 2016.

PANG, S. S.; GUDDAT, L. W.; DUGGLEBY, R. G. Molecular basis of sulfonylurea herbicide inhibition of acetohydroxyacid synthase. *Journal of Biological Chemistry*, Rockville, v. 278, n. 9, p. 7639 – 7644, 2003.

POWLES, S. B.; YU, Q. Evolution in action: plants resistant to herbicides. *Annual Review of Plant Biology*, Los Angeles, v. 61, p. 317-347, 2010.

POWLES, S. B.; PRESTON, C. *Herbicide cross resistance and multiple resistance in plants*. Disponível em: <http://www.hracglobal.com/Publications/HerbicideCrossResistanceandMultipleResistance.aspx>. Acesso em: 19 dez. 2015.

PRESTON, C. Resistance to acetolactate synthase-inhibiting herbicides in *Echium plantagineum* L. In: 15th Australian Weeds Conference proceedings: managing weeds in a changing climate. n. 2., 2006, Australia. *Anais... 15th Australian Weeds Conference*, 2006. p. 530 – 533.
Disponível: <http://weedsociety.org/details/case.aspx?ResistID=1136>. Acesso em 23 de fevereiro de 2016.

PRIMIANI, M. M.; COTTERMAN, J. C.; SAARI, L. L. Resistance of Kochia (*Kochia scoparia*) to sulfonylurea and imidazolinone herbicide. *Weed Technology*, Lawrence, v. 4, n. 1, p. 169-172, 1990.

RADOSEVICH, S. R. Methods to study interactions among crops and weeds. *Weed Technology*, Lawrence, v. 1, n. 3, p. 190-198, 1987.

RADOSEVICH, S.; HOLT, J.; GHERSA, C. Physiological aspects of competition. In: RADOSEVICH, S.; HOLT, J.; GHERSA, C. *Weed ecology: implications for management*. 2. ed. New York: Willey, 1997. p. 217-247.

RADOSEVICH, S. R.; HOLT, J. S.; GHERSA, C. M. Plant-plant associations. In: RADOSEVICH, S. R.; HOLT, J. S.; GHERSA, C. M. *Ecology of weeds and invasive plants: relationship to agriculture and natural resource management*. 3. ed. New Jersey: John Wiley & Sons, 2007. 454 p.

RIAR, D. S.; Norsworthy, J. K; Srivastava, V; Nandula, V; Bond, J. A; Scott, R. C. Physiological and molecular basis of acetolactate synthase-inhibiting herbicide resistance in barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*). *Journal of Agricultural Food Chemical*, Washington, v. 6, n. 2, p.278–289, 2013.

RIGOLI, R. P.; AGOSTINETTO, D.; SCHAEGLER, C. E.; DAL MAGRO, T.; TIRONI, S. Habilidade competitiva relativa do trigo (*Triticum aestivum*) em convivência com azevém (*Lolium multiflorum*) ou nabo (*Raphanus raphanistrum*). *Planta Daninha*, Viçosa, v. 26, n. 1, p. 93-100, 2008.

RIZZARDI, M. A.; VIDAL, R. A.; FLECK, N. G.; AGOSTINETTO, D. Resistência de plantas aos herbicidas inibidores da acetolactato sintase. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 20, n. 1, p. 149-158, 2002.

ROUSH, M. L.; RADOSEVICH, S. R. Relationships between growth and competitiveness of four annual weeds. *Journal of Applied Ecology*, Oregon, v. 22, n. 3, p. 895-905, 1985.

ROUSH, M. L.; RADOSEVICH, S. R.; WAGNER, R. G.; MAXWELL, B. D.; PETERSEN, T. D. A comparison of methods for measuring effects of density and proportion in plant competition experiments. *Weed Science*, Lawrence, v. 37, n. 2, p. 268-275, 1989.

SAARI, L. L.; COTTERMAN, J. C.; THILL, D. C. Resistance to acetolactate synthase inhibiting herbicides. In: POWLES, S. B.; HOLTUM, A. M. *Herbicide Resistance in Plants: Biology and Biochemistry*. Boca Raton: Lewis Publishers, 1994. p. 83-139.

SHANER, D. L. Resistance to acetolactate synthase (ALS) inhibitors in the United States: history, occurrence, detection and management. *Journal of Weed Science*, Lawrence, v. 44, n. 4, p. 405-411, 1999.

TRANEL, P. J.; WRIGHT, T. R. Resistance of weeds to ALS-inhibiting herbicides: what have we learned? Review. *Weed Science*, Lawrence, v. 50, n. 6, p. 700-712, 2002.

URCHEI, M. A.; RODRIGUES, J. D.; STONE, L. F. Análise de crescimento de duas cultivares de feijoeiro sob irrigação, em plantio direto e preparo convencional. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 35, p. 497-506, 2000.

VARGAS, L.; SILVA, A. A.; BORÉM, A.; REZENDE, S. T.; FERREIRA, F. A.; SEDIYAMA, T. *Resistência de planta daninha a herbicidas*. Ed. 1. Viçosa: UFV, 1999. 131 p.

VARGAS, L.; BORÉM, A.; SILVA, A. A. Herança da resistência aos herbicidas inibidores da ALS em biótipos da planta daninha *Euphorbia heterophylla*. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 19, n. 3, p.331-336, 2001.

VARGAS, L.; RIZZARDI, M. A.; MATTEI, R. W. Resistência de azevém (*Lolium multiflorum*) ao herbicida glyphosate. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 22, n. 2, p. 301-306, 2004.

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

VIDAL, R. A., PORTES, E. S., LAMEGO, F. P.; TREZZI, M. M. Resistência de *Eleusine indica* aos inibidores de ACCase. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 24, n. 1, p. 163-171, 2006.

VILÁ, M; WILLIAMSON, M; LONSDAL, M. Competition experiments on alien weeds with crops: Lessons for measuring plant invasion impact? *Biological Invasions*, Knoxville, v. 6, n. 1, p. 59-69, 2004.

WALSH, M. J.; DUANE, R. D.; POWLES, S. B. High frequency of chlorsulfuron-resistant wild radish (*Raphanus raphanistrum*) populations across the western Australian wheat belt. *Weed Technology*, Lawrence, v. 15, n. 2, p. 199-203, 2001.

WALSH, M. J.; FRIESEN, S.; POWLES, S. Frequency, distribution and mechanisms of herbicide resistance in Western Australian wild radish (*Raphanus raphanistrum* L.) populations: a review. In: 15th Australian Weeds Conference, *Papers and Proceedings*, Western Australia. *Anais...* 15th Australian Weeds Conference, 2006, p. 484-487.

WALSH, M. J.; OWEN, M. J.; POWLES, S. B. Frequency and distribution of herbicide resistance in *Raphanus raphanistrum* populations randomly collected across the western Australian wheat belt. *Weed Research*, Lawrence, v. 47, n. 6, p. 542-550, 2007.

WANDSCHEER, A. C. D. RIZZARDI, M. A.; REICHERT, M.; GAVIRAGHI, F. Capacidade competitiva da cultura do milho em relação ao capim-sudão. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, Sete Lagoas v.13, n. 2, p. 129-141, 2014.

YAMAUTI, M. S.; ALVES, P. L. C. A.; CARVALHO, L. B. Interações competitivas de triticale (*Triticum turgidosecale*) e nabiça (*Raphanus raphanistrum*) em função da população e proporção de plantas. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 29, n. 1, p. 129-135, 2011.

YU, Q.; ZHANG, X. Q.; HASHEM, A.; WALSH, M. J.; POWLES, S. B. ALS gene proline (197) mutations confer ALS herbicide resistance in eight separated wild radish (*Raphanus raphanistrum*) populations. *Weed Science*, Lawrence, v. 51, n. 6, p. 831-838, 2003.

ZANINE, A. de. MOURA; SANTOS, E. M. Competição entre espécies de plantas – uma revisão. *Revista da FZVA, Uruguaiana*, v.11, n.1, p. 10-30. 2004.