

**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Suscetibilidade dos genótipos diplóides e tetraplóides de azevém
(*Lolium multiflorum* Lam.) ao herbicida glyphosate**

Celso Antonio Dors

**Dissertação apresentada para obtenção do título
de Mestre em Agronomia. Área de concentração:
Fitotecnia**

**Piracicaba
2009**

Celso Antonio Dors
Licenciatura em Agropecuária

Suscetibilidade dos genótipos diplóides e tetraplóides de azevém
(*Lolium multiflorum* Lam.) ao herbicida glyphosate

Orientador:
Prof. Dr. PEDRO JACOB CHRISTOFFOLETI

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Agronomia. Área de concentração:
Fitotecnia

Piracicaba
2009

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP**

Dors, Celso Antonio

Suscetibilidade dos genótipos diplóides e tetraplóides de azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) ao herbicida glyphosate / Celso Antonio Dors- - Piracicaba, 2009.
57 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2009.
Bibliografia.

1. Azevém 2. Controle químico 3. Genótipos 4. Herbicida 5. Plantas daninhas 6. Plantio
Direto I. Título

CDD 633.2
D717s

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

DEDICO

Aos meus pais Jacob e Humilde Dors, por ter lançado o objetivo de formação humana e intelectual em minha vida.

A minha esposa Ângela Maria Fabian Dors, por estar sempre presente dando apoio e segurança nesta etapa de formação.

A meus filhos, Débora, Mônica e Gabriel que foram e serão sempre o objetivo de minha vida.

AGRADECIMENTOS

- Inicialmente à Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, por intermédio do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia que viabilizou o Mestrado Interinstitucional.
- Ao Prof. Elcio Antonio Pain por não ter medido esforços para que este curso a nível de mestrado fosse realizado interinstitucionalmente.
- À Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) e em especial ao Departamento de Fitotecnia, que me auxiliou na realização do trabalho.
- Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – Campus Sertão que disponibilizou a estrutura física para realização do curso.
- Ao professor Dr. Pedro Jacob Christoffoleti da ESALQ-USP, Departamento de Produção Vegetal, área de Biologia e Manejo de Plantas Daninhas, pelos ensinamentos e orientação durante minha participação no curso e condução deste trabalho.
- Aos professores Dr. Durval Dourado Neto da ESALQ/USP e Dr. Paulo Augusto Manfron da UFSM pela formação, amizade e apoio durante a realização do curso.
- Aos professores Doutores, João Alexio Scarpate Filho, Ricardo Kluge, José Laércio Favarin e Paulo César de Tavares Melo, pela formação, proporcionada no curso.
- Aos amigos e companheiros de trabalho da UFSM: Sylvio Henrique Bidel Dornelles, Danie Sanchotene e Vagner Camarini Alves pelo esforço despendido.
- Aos funcionários do Departamento de Fitotecnia da UFSM que contribuíram para a execução deste trabalho;
- A todos que de forma direta ou indireta participaram da realização deste trabalho.

SUMÁRIO

| | |
|---|-----|
| RESUMO..... | 9 |
| ABSTRACT | 11 |
| 1 INTRODUÇÃO | 13 |
| 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA..... | 17 |
| 2.1 Importância econômica do azevém e sua utilização no Sistema Plantio Direto..... | 17 |
| 2.2 Interferência do azevém como planta daninha..... | 19 |
| 2.3 Obtenção de azevém diplóide e tetraplóide | 20 |
| 2.4 Importância econômica de azevém diplóides e tetraplóides | 211 |
| 2.5 Controle químico e resistência do azevém ao herbicida glyphosate | 21 |
| 2.6 Herbicida glyphosate | 22 |
| 2.7 Mecanismo de ação do glyphosate | 20 |
| 3 MATERIAL E MÉTODOS | 25 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 29 |
| 5 CONCLUSÕES | 49 |
| REFERÊNCIAS..... | 51 |

RESUMO

Suscetibilidade dos genótipos diplóides e tetraplóides de azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) ao herbicida glyphosate

Genótipos de azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) diplóides e tetraplóides são cultivados como forrageira na produção animal, no entanto, quando sistemas de produção que envolve o plantio direto são estabelecidos após o cultivo da forrageira é comum a dessecação com o herbicida glyphosate. Portanto, é importante conhecer se existe suscetibilidade diferencial a este herbicida entre os genótipos. Desta forma, foi desenvolvida a presente pesquisa como o objetivo de avaliar o grau de tolerância dos genótipos diplóides e tetraplóides de azevém ao herbicida glyphosate em quatro estádios fenológicos de desenvolvimento. Para isso, foram instalados quatro experimentos, sendo um para cada estádio fenológico do azevém (duas folhas, quatro perfilhos, pré-florescimento e formação de grãos). Os tratamentos consistiram da combinação dos dois genótipos e seis doses do herbicida glyphosate (240; 480; 960; 1.920; 3.840 e 7.680 g e.a. ha⁻¹), e uma testemunha sem aplicação de glyphosate, em delineamento experimental de blocos ao acaso, quatro repetições. Os parâmetros analisados foram porcentagem de controle e fitomassa seca das plantas. Os resultados foram submetidos à análise de variância e em seguida ajustados para modelo de curva de dose-resposta do tipo logística, sendo destes modelos calculados valores de controle correspondentes a 50, 80, 90 e 99%. As conclusões principais obtidas nesta pesquisa foram de que os genótipos de azevém diplóide e tetraplóide apresentam suscetibilidade diferencial ao herbicida glyphosate, sendo o genótipo tetraplóide mais tolerante ao herbicida. O grau diferencial de tolerância, medido pelo fator de tolerância (FT) diferencial entre os genótipos, expresso pelo valor médio dos quatro estádios fenológicos estudados, utilizando como base o controle de 50% das plantas pelo glyphosate foi de 1,6 vezes a dose de glyphosate no genótipo tetraplóide em relação ao genótipo diplóide. Os estádios fenológicos de desenvolvimento das plantas de ambos os genótipos estudados afetam o grau de tolerância ao glyphosate. De maneira geral, em estádios mais avançados de desenvolvimento fenológico dos dois genótipos a suscetibilidade do azevém é menor ao glyphosate, exceto para o estádio de pré-florescimento, no qual a planta é mais suscetível que o estádio de quatro perfilhos, quando o parâmetro de análise é a dose necessária para controle de 50% das plantas. O parâmetro de análise de suscetibilidade fitomassa seca das plantas apresentou a mesma tendência diferencial entre os fenótipos diplóides e tetraplóides que o parâmetro porcentagem de controle visual.

Palavras-chave: Tolerância; Glyphosate; Azevém; *Lolium multiflorum*; Genótipos

ABSTRACT

Susceptibility of diploid and tetraploid genotypes of Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) to the herbicide glyphosate

Diploid and tetraploid genotypes of Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) are cultivated as forage crop for animal production, however, when cropping systems that involve no tillage is established after the forage cultivation it is common the desiccation with the herbicide glyphosate. However, it is important to know if there is differential susceptibility between the genotypes to the herbicide, in four phenological stages of development. Therefore, it was developed this research with the objective of evaluating the degree of tolerance of the diploid and tetraploid genotypes of Italian ryegrass to the herbicide glyphosate. For that, four experiments were installed being one for each of the Italian ryegrass phenological stages (two leaves, four tillers, pre-flowering, and grain formation). The treatments consisted of the combination of the two genotypes and six rates of glyphosate (240; 480; 960; 1.920; 3.840 and 7.680 g a.e. ha⁻¹) and a check plot without glyphosate application, in randomized complete blocks design, four replications. The parameters that were analyzed were control percentage and dry biomass. Results were submitted to analysis of variance and subsequently adjusted to non linear model of logistic dose-response curves, and from these models control values were calculated at 50, 80, 90 and 99%. The main conclusions obtained in this research were that genotypes of Italian ryegrass presented differential susceptibility to the herbicide glyphosate. The differential degree of tolerance, measured by the tolerance factor (TF) between the biotypes, expressed by the mean value of the four development stages studied, using the 50% Italian ryegrass control, was 1.6 times more glyphosate rate for the tetraploid genotype compared to the diploid genotype. The phenological stages of development of both genotypes affected the tolerance degree to glyphosate. In general, the more is the advanced development stages of both biotypes, the lower is the susceptibility of Italian ryegrass to glyphosate, except for the stage of pre-flowering, in which the plant is less susceptible than the stage of four tillers, when the analyzed parameter is the rate necessary to control 50% of the plants. The parameter of analysis of susceptibility plant dry biomass presented the same tendency of differential control between the diploid and tetraploid genotypes than the visual control percentage.

Keywords: Tolerance; Glyphosate; Italian ryegrass; *Lolium multiflorum*; Genotypes

1 INTRODUÇÃO

A produção agropecuária contribui para o desenvolvimento do setor primário da economia brasileira, destacando a produção de grãos e a bovinocultura de corte e leite. O estado do Rio Grande do Sul contribui neste setor, embora seja inquestionável que a produção de grãos é atividade propulsora da economia do estado, porém a bovinocultura gaúcha apresenta campos tradicionais que utilizam grandes extensões de pastagem natural e também há áreas onde a pastagem cultivada é o carreador da alimentação dos bovinos.

No Rio Grande do Sul, a importância do cultivo de cereais de inverno visando o duplo propósito é devido à necessidade da rotação de culturas e a integração lavoura-pecuária maximizando o potencial da propriedade, com isso, diluindo os custos de produção da pastagem. Porém há um entrave na implantação destas pastagens, pois os custos das pastagens anuais são superiores aos custos de pastagens perenes, visto que esses são amortizados de acordo com a longevidade da pastagem.

O azevém é a forrageira de maior utilização no Rio Grande do Sul, assim como na maior parte das regiões temperadas e subtropicais do mundo, destacando-se entre as mais difundidas no mundo (BRESSOLIN, 2007). A espécie mais utilizada no cultivo de inverno é o *Lolium multiflorum* Lam., variedade cultivada Titan (SOARES; RESTLE, 2002). É uma planta que apresenta uma excelente e rápida cobertura do solo, com a finalidade de estabelecer o sistema de produção plantio direto ou nas entrelinhas da culturas frutíferas, podendo estabelecer uma excelente cobertura morta na linha e na entrelinha da cultura (BITTENCOURT, 2008). Esta espécie pode ser considerada como uma planta daninha quando infestando áreas de culturas de cereais de inverno como trigo, aveia, cevada e quando apresentar condições climáticas ideais pode infestar culturas de verão.

Com a finalidade de obter maiores produtividades, tem-se usado genótipos de azevém tetraplóide INIA Titán, pois conforme Rocha et al. (2007) este genótipo apresenta ciclo vegetativo mais longo, pequeno alongamento de entrenós, elevada proporção de folhas e maior produtividade de matéria seca com qualidade mais estável. A maioria dos genótipos tetraplóides foram desenvolvidos no Uruguai (NORO et al.,

2003; QUADROS et al., 2003) e introduzido no Rio Grande do Sul por agropecuaristas próximos as fronteiras com o Uruguai. Porém estes produtores encontram limitações na produção dessas sementes, além do maior custo para aquisição das sementes, cerca de seis a sete vezes maiores que dos genótipos diplóides tradicionais. No entanto, para gerar uma cobertura morta ideal sobre de azevém é necessária uma dessecação química, onde a aplicação de um herbicida não seletivo é a alternativa encontrada, neste contexto o herbicida glyphosate é o mais utilizado nesta operação.

O glyphosate pertence ao grupo de herbicidas inibidores da 5-enol-piruvilchiquimato-3-fosfato sintase (EPSPs), age inibindo esta enzima na rota de síntese dos aminoácidos aromáticos essenciais fenilalanina, tirosina e triptofano, que são precursores de outros produtos, como lignina, alcalóides, flavonóides e ácidos benzóicos (RODRIGUES; ALMEIDA, 2005). Os sintomas das plantas sob efeito deste produto incluem amarelecimento dos meristemas, necrose e morte das mesmas em dias ou semanas. Estes herbicidas vinham sendo usados de forma não-seletiva, entretanto com o advento das plantas transgênicas, passaram a ser opção para controle seletivo das plantas daninhas nas culturas transgênicas (PADGETTE et al., 1995; ARNAUD et al., 1994). O glyphosate possui um amplo espectro de ação sobre as comunidades de plantas daninhas atuando sobre folhas largas (dicotiledôneas) e folhas estreitas (monocotiledôneas) em condições de pós-emergência.

No caso do azevém, a recomendação de dose do glyphosate na formulação 480 g e.a./L é de 960 a 1.440 g e.a./ha, dependendo do estágio fenológico da planta daninha (RODRIGUES; ALMEIDA, 2005). No entanto, existe uma interação entre a dose do herbicida e o estágio fenológico sobre a eficácia de controle da planta daninha *L. multiflorum* (RIBEIRO, 2008). Quando mais avançado é o estágio fenológico da planta daninha maior é a dose do herbicida requerida para um controle eficiente (CHRISTOFFOLETI et al., 2005), sendo que o padrão de variação de resultados segue modelo matemático não linear (RIBEIRO et al., 2008).

Na literatura não são encontrados trabalhos comparativo de doses de glyphosate para controle dos genótipos diplóides e tetraplóides de azevém no Brasil nos diferentes estádios fenológicos que este herbicida é aplicado no campo. Sendo assim, foi desenvolvida a presente pesquisa, com o objetivo de avaliar o grau de tolerância dos

genótipos diplóides e tetraplóides de azevém ao herbicida glyphosate em quatro estádios fenológicos de desenvolvimento.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Importância econômica do azevém e sua utilização no Sistema Plantio Direto

O azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) é uma planta pertencente à família botânica Poaceae, com ciclo de vida anual, rústica, cespitosa, agressiva, de folhas finas e tenras (KISSMANN, 1997). A espécie é adaptada a temperaturas mais baixas em climas mesotérmicos (não resiste ao calor de verão de climas tropicais), nos quais se desenvolve somente durante o inverno e a primavera (CHRISTOFFOLETI; LÓPEZ-OVEJERO, 2008). As plantas florescem e frutificam em abundância (PUPO, 1979).

É uma espécie adaptada à região Sul do Brasil, que pode ser semeada como uma cultura agrícola com finalidade principal de uso forrageiro ou de formação de cobertura morta ou apresentar ressemeadura natural (espontânea). Dessa forma é comum nas áreas agrícolas a ocorrência de planta de azevém em diferentes estádios de desenvolvimento, resultando em dificuldades de controle (CHRISTOFFOLETI; LÓPEZ-OVEJERO, 2008).

O território brasileiro abrange uma área de mais de 220 milhões de hectares de pastagens, sendo que mais de 100 milhões são de pastagens cultivadas na sua região tropical, porém 60% dessas áreas de pastagens utilizadas pelos animais são degradadas, refletindo em baixa produtividade dos rebanhos (FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2004). Neste contexto Vilela (2005) descreve que a área de pastagem com espécies cultivadas no Brasil está em torno de 115 milhões de hectares, enquanto a área de pastagem nativa é de 144 milhões. Estas áreas abrigam cerca de 238,7 milhões de cabeças (bovinos, ovinos, caprinos, eqüinos e bubalinos), proporcionando uma taxa de lotação de 0,91 cabeças por hectare.

A valorização do grão de azevém a nível mundial foi alavancada pelo avanço de lavouras de trigo, cevada, cana-de-açúcar e outras sobre áreas anteriormente ocupadas por azevém em crescimento natural. Por este motivo, o cultivo do azevém de forma adequada como forrageira passou a ser uma prática comum na pecuária, com o

objetivo de suprir as necessidades nutricionais dos rebanhos (MOOJEN; MARASCHIN, 2002).

O estado do Rio Grande do Sul é grande produtor de arroz no Brasil, sendo que, Quadros e Bandinelli (2005) estimaram que cerca de 650 mil hectares de áreas cultivadas com arroz irrigado permanecem anualmente em pousio, descrevendo que a utilização de espécies forrageiras na estação fria, como o azevém, é viável aumentando produtividade do sistema agro-pastoril. Nabinger (1986) e Marchezan et al. (1998) relatam que a utilização mais rentável e intensiva das áreas de várzea durante o inverno, sugerem como alternativa o uso de pastagens cultivadas. Assim, a utilização das pastagens de inverno é uma opção para o problema de escassez de pasto durante este período de carência alimentar. Entre as forrageiras, o azevém anual (*Lolium multiflorum*) é uma espécie apropriada para compor as pastagens devido a sua boa adaptação às condições climáticas do Estado, produção e qualidade satisfatória e resistência a enfermidades (MOOJEN, 1996).

Ao final dos anos 1960, foi introduzido no Brasil o sistema plantio direto, proporcionando uma nova alternativa no preparo de solo, sendo que a partir da década de 1980, passou a ser conceituado como um complexo de processos tecnológicos destinado à exploração agropecuária, considerando: mobilização de solo apenas na linha ou cova de semeadura; manutenção permanente da cobertura do solo; e diversificação de espécies, via rotação de culturas (BORGES, 1993). É essa interação de processos tecnológicos que é recomendado para a adoção do sistema plantio direto e que apresenta potencial para imprimir caráter de sustentabilidade aos sistemas agrícolas produtivos.

Entende-se por semeadura direta, um sistema de exploração agropecuário, que envolve diversidade de espécies, via rotação de culturas, as quais são estabelecidas mediante mobilização do solo, apenas na linha de semeadura, mantendo-se os resíduos vegetais das culturas anteriores na superfície do solo (DENARDIN, 1997).

Segundo Floss, (2005), neste sistema é necessário adicionar na superfície do solo em torno 9 a 12 toneladas de palha ao ano.

2.2 Interferência do azevém como planta daninha

Pode-se dizer que a competição é a luta que existe entre a cultura principal e as plantas de outras espécies ou da mesma espécie que habitam uma área em comum, estas plantas competem principalmente por água, luz, nutrientes e espaço físico (RADOSEVISH et al., 1997). Quanto maior a semelhança entre as espécies mais intensa será a competição, neste sentido pode-se destacar a competição entre as plantas de azevém que infestam tanto lavouras de trigo no inverno quanto a cultura do milho no início do seu desenvolvimento.

De acordo com Silva e Durigan (2006), quanto maior a presença de populações infestantes na área, maior será o grau de competição com a cultura, salienta-se que a proximidade morfológica e fisiologicamente entre as espécies infestantes apresentam exigências semelhantes em relação aos recursos, tornando ainda mais intensa a competição. Conforme Agostinetto et al. (2008) o grau de competição entre plantas daninhas e cultura pode ser alterado em função do período em que a planta daninha estiver disputando determinado recurso. Destaca-se que na fase inicial do desenvolvimento da cultura, estas podem conviver por determinado período sem que ocorram danos à produtividade da cultura. Nessa fase, denominada período anterior à interferência (PAI), o meio é capaz de fornecer os recursos de crescimento necessários à comunidade (VELINI; TRINDADE, 1992).

Em relação à interferência da planta daninha azevém, Rigoli et al. (2008) destaca que as relações competitivas entre plantas de trigo e de azevém alteram-se em função das proporções de plantas que compõem a associação, mesmo a cultura do trigo apresentando habilidade competitiva superior à do azevém, há perdas de produtividade quando essas espécies ocupam o mesmo nicho ecológico. Fleck (1980) desenvolveu pesquisa comparativa da competitividade de cultivares de trigo com o azevém. Verificou que para o rendimento de grãos da cultivar 'E-7414', a competição exercida pelo azevém ocasionou decréscimos variáveis entre 18% e 56%, dependendo da

infestação; enquanto para a cultivar 'PAT-7219', as reduções no rendimento de grãos se situaram entre 4 e 22%, conforme a densidade do azevém.

2.3 Obtenção de azevém diplóides e tetraplóides

Buscando maior eficiência na produção, nos últimos anos vêm sendo explorados novos genótipos de azevém. Normalmente o azevém possui genótipo diplóide, com $2n=14$ cromossomos, entretanto, melhoristas desenvolveram os tetraplóides com $4n=28$ cromossomos (SIMMONDS, 1976). O germoplasma de azevém utilizado pela maioria dos produtores é o diplóide, mas, o tetraplóide tem despertado a atenção dos produtores devido à alta produção de matéria seca com melhor qualidade nutricional e ciclo vegetativo mais longo (GOMES et al., 2002; FARINATTI et al., 2008).

Entretanto, alguns autores advertem que a difusão de novos genótipos de azevém oriundos de outros países, como o Uruguai onde foram desenvolvidos os tetraplóides, têm sido comercializados no Brasil sem uma avaliação prévia (NORO et al., 2003; QUADROS et al., 2003). A importação de espécies de fecundação cruzada pode determinar comportamento variável, podendo comprometer a produtividade com problemas de adaptação, desenvolvimento e ciclo curto (NABINGER, 1986).

Apesar destes aspectos negativos da importação de genótipos, a difusão do uso de azevém tetraplóide está sendo cada vez mais implementada no Rio Grande do Sul. O azevém tetraplóide é usado com duplo propósito pelos produtores, ou seja, forrageira durante o inverno e cobertura morta para implantação do plantio direto no verão. Pesquisas tem demonstrado a viabilidade de uso de genótipos de azevém tetraplóide no Brasil, sendo que segundo Pritsch (1980) são necessários cortes da parte aérea para produção de sementes de azevém, e assim estas sejam comercializadas para os agricultores. Ahrens e Oliveira (1997) verificaram que é viável a produção de sementes de azevém em área destinada à produção de forragem, bem como sua subsequente utilização como cobertura morta para implantação do sistema de plantio direto.

2.4 Importância econômica de azevém diplóides e tetraplóides

No Rio Grande do Sul, a importância do cultivo de cereais de inverno visando o duplo propósito é devido à necessidade da rotação de culturas e a integração lavoura-pecuária maximizando o potencial da propriedade, com isso, diluindo os custos de produção da pastagem. Porém, há um entrave na implantação destas pastagens, pois os custos das pastagens anuais são superiores aos custos de pastagens perenes, visto que esses são amortizados de acordo com a longevidade da pastagem.

A espécie mais utilizada no cultivo de inverno no Rio Grande do Sul é o *Azevém* (*Lolium multiflorum*), que é uma planta que se apresenta como uma excelente cultura de cobertura, com a finalidade de estabelecer o sistema de produção plantio direto ou no caso das áreas de fruticultura podendo estabelecer uma excelente cobertura morta na linha e na entrelinha da cultura. Esta espécie pode ser considerada como planta daninha quando infestando áreas de culturas de cereais de inverno como trigo, aveia, cevada e quando apresentar condições climáticas ideais pode infestar culturas de verão.

Com a finalidade de obter maiores produtividades, tem-se usado genótipos de azevém tetraplóide INIA Titán, pois conforme Rocha et al. (2007) este genótipo apresenta ciclo vegetativo mais longo, pequeno alongamento de entrenós, elevada proporção de folhas e maior produtividade de matéria seca com qualidade mais estável. A maioria dos genótipos tetraplóides foram desenvolvidos no Uruguai (NORO et al., 2003; QUADROS et al., 2003) e introduzido no Rio Grande do Sul por agropecuaristas próximos as fronteiras com o Uruguai. Porém estes produtores encontram limitações na produção dessas sementes, além do maior custo para aquisição das sementes, cerca de seis a sete vezes maiores os genótipos diplóides tradicionais.

2.5 Controle químico e resistência do azevém ao herbicida glyphosate

O glyphosate é atualmente o principal herbicida utilizado para o controle da vegetação não seletivo da vegetação com o objetivo de formação de cobertura morta sobre o solo nas linhas de pomares de frutíferas, como a cultura da maçã, na região serrana do Rio Grande do Sul (VARGAS et al., 2006). A utilização preferencial deste herbicida na fruticultura deve-se principalmente ao fato de que esse produto apresenta

alta eficiência e custo relativamente baixo, dentre outros aspectos positivos de sua utilização. Sendo o azevém uma das principais plantas utilizadas como cobertura na entrelinha das frutíferas da região sul do Brasil, seu controle pelo glyphosate necessita de conhecimentos aprofundados para que técnicas adequadas de manejo sejam empregadas.

No entanto, a aplicação repetitiva e subsequente deste herbicida pode selecionar populações resistentes de azevém (CHRISTOFFOLETI; LÓPEZ-OVEJERO, 2008). A Weed Science Society of America (WSSA) definiu resistência de plantas daninhas a herbicidas como a habilidade de uma planta sobreviver e reproduzir, após exposição a uma dose de herbicida normalmente letal para o biótipo selvagem da planta (WEED SCIENCE, 2008). Está implícito nesta definição que a característica de resistência a herbicidas de uma planta pode ser de ocorrência natural (selecionada em populações de plantas daninhas de ocorrência natural no campo) ou induzida por técnicas como engenharia genética ou seleção de variantes produzidas por culturas de tecidos ou metagêneses (HEAP, 2008).

O número de espécies de plantas daninhas resistentes ao glyphosate está aumentando; atualmente, são reconhecidas seis espécies resistentes em vinte diferentes regiões (WEED SCIENCE, 2008). O primeiro caso de azevém (*Lolium multiflorum*) resistente ao glyphosate foi relatado no Chile por Perez e Kogan (2003).

A ocorrência de biótipos de azevém resistentes ao glyphosate dificulta o controle da espécie, obrigando aos produtores alterarem o manejo da vegetação em áreas de fruticultura e manejo da vegetação para implantação do plantio direto, no entanto estes métodos de manejo e controle são menos eficientes e com maior custo de aplicação (VARGAS et al., 2006).

2.6 Herbicida glyphosate

Atualmente no Brasil, o glyphosate é um dos herbicidas mais utilizados, devido seu amplo espectro de ação sobre as plantas daninhas (MONQUEIRO, 2003). Com o advento do sistema de plantio direto o glyphosate passou a ser a ferramenta chave deste sistema, pois a formação da matéria seca que protege o solo é obtida através da dessecação das plantas infestantes com o herbicida glyphosate.

Com o surgimento da soja transgênica o glifosato passou a ser utilizado de forma mais freqüente na dessecação e no manejo de plantas daninhas em pós-emergência. Devido ao uso intenso de glifosato, houve uma mudança na composição da flora infestante, com predomínio de espécies ditas problemáticas (corda-de-viola, leiteiro, trapoeraba e buva) e aparecimento de biótipos de azevém resistentes (CHRISTOFFOLETI; LÓPEZ-OVEJERO, 2008).

O glyphosate [N-(fosfono-metil) glicina] é classificado como herbicida não seletivo sistêmico e pós-emergente, que inibe a enol-piruvil-chiquimato fosfato sintase (EPSPS) e provoca a morte de plantas anuais e perenes (KRUSE; TRESSI; VIDAL, 2000). O mecanismo de ação baseia-se na interrupção da rota do ácido chiquímico, responsável pela produção dos aminoácidos aromáticos essenciais, fenilalanina, tirosina e triptofano (PLINE et al., 2002). A redução na síntese desses aminoácidos diminui a síntese de proteínas e, subsequentemente, acarretam menor crescimento da planta (COLE; CASELEY; DODGE, 1983).

A mais nova forma de uso do glifosato na agricultura é a aplicação em culturas geneticamente modificadas para tolerância ao produto, o que também pode contribuir significativamente para seleção de biótipos resistentes em espécies de plantas daninhas (KOGER; REDDY, 2005).

É o herbicida mais vendido em todo o mundo, em diferentes formulações, produzidas por distintas companhias produtoras de agrotóxicos (CARLISLE; TREVORS, 1988), perfazendo 12% das vendas globais de herbicidas, somando mais de 150 marcas comerciais (TREZZI; KRUSE; VIDAL, 2001). O glyphosate é translocado as plantas, ocasionando senescência do sistema radicular e de estruturas reprodutivas, como bulbos, rizomas e tubérculos. O baixo coeficiente de partição octano/água ($K_{ow} = -4,1$), confere ao glyphosate uma baixa afinidade por substâncias graxas. Esta característica da molécula explica a lenta absorção do herbicida pelas folhas, tornando a aplicação arriscada em épocas chuvosas, necessitando de períodos sem chuvas de 6 horas após a aplicação, dependendo da formulação (KRUSE; TRESSI; VIDAL, 2000).

2.7 Mecanismo de ação do Glyphosate

Logo após a aplicação, há redução acentuada nos níveis dos aminoácidos aromáticos (fenilalanina, tirosina e triptofano), e as plantas tratadas com esses

herbicidas paralisam o crescimento (RODRIGUES; ALMEIDA, 2005). Há também aumento acentuado na concentração de chiquimato, precursor comum na rota metabólica desses três aminoácidos (PADGETTE et al., 1995), sendo o sítio de ação a EPSP sintase (5-enol-piruvil-chiquimato-3-fosfato sintase) (ARNAUD et al., 1994). O glyphosate inibe a EPSPS por competição com o substrato PEP (fosfo-enol-piruvato), evitando a transformação do chiquimato em corismato. A EPSPS é sintetizada no citoplasma e transportada para o cloroplasto onde atua; o glyphosate se liga a ela pela carboxila do ácido glutâmico (glutamina) na posição 418 da seqüência de aminoácidos (PIRES et al., 2000).

A simples redução de aminoácidos e a acumulação de chiquimato não explicam a ação final do herbicida; acredita-se que a desregulação da rota do ácido chiquímico resulta na perda de carbonos disponíveis para outras reações celulares na planta, uma vez que 20% do carbono das plantas é utilizado nessa rota metabólica, pois fenilalanina, tirosina e triptofano são precursores da maioria dos compostos aromáticos nas plantas (PIRES et al., 2000).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, situado na Depressão Central do Rio Grande do Sul, com coordenadas geográficas de 29°43'S, 53°43'W e altitude de 95m, durante o ano agrícola de 2007. O solo do local é uma transição entre a Unidade de Mapeamento São Pedro (Argissolo Vermelho Distrófico Arênico) e a Unidade de Mapeamento Santa Maria (Alissolo Hipocrômico Argilúvico Típico) (EMBRAPA, 2006). O clima da região é o Cfa (subtropical úmido com verões quentes e sem estação seca definida), conforme classificação de Köppen (MORENO, 1961). O delineamento experimental adotado foi de blocos ao acaso, com quatro blocos e tratamentos resultantes da combinação de sete doses do herbicida glyphosate (Tabela 1), e dois genótipos, diplóide e tetraplóide. Quatro experimentos foram desenvolvidos, sendo um para cada estágio fenológico (HESS et al., 1997) do azevém (Tabela 2) (diplóide e tetraplóide). O estágio fenológico foi definido quando 50% + 1 do total de plantas apresentavam determinada característica de desenvolvimento.

O genótipo diplóide de azevém utilizado foi o INIA e o genótipo tetraplóide foi INIA Titán ambas apresentando bom índice de germinação-emergência. A semeadura foi realizada no dia 11 de maio de 2007 para ambos os biótipos. A correção do pH e a adubação do solo foram embasadas na análise de solo da área experimental, seguindo as recomendações da Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC (2004). Em 15/02/07 foi aplicado 3,7 t ha⁻¹ de calcário (PRNT 75,4%). Nas semeaduras foram utilizados 250 kg ha⁻¹ da formulação 12-32-16 (N-P₂O₅-K₂O). A adubação nitrogenada em cobertura foi parcelada em três vezes (início do perfilhamento, alongamento, emborrachamento), com 50 kg ha⁻¹ de N, na forma de uréia.

O solo foi preparado pelo método convencional com densidade de 25 kg ha⁻¹ de sementes, sendo este valor corrigido de acordo com a pureza e a germinação dos genótipos. Cada unidade experimental foi composta por um canteiro com cinco fileiras de 4,0 m de comprimento e espaçamento de 0,2 m entre fileiras.

Aplicação dos tratamentos foi realizada com o auxílio de um pulverizador costal pressurizado com CO₂, munido de quatro bicos do tipo leque, seguindo as condições

climáticas recomendadas para uma boa aplicação. A aplicação dos tratamentos herbicidas para o primeiro estágio fenológico (duas folhas) ocorreu no dia 2 de junho de 2007, onde no momento da aplicação as condições climáticas eram de: temperatura de 12°C, umidade relativa do ar de 72% e velocidade do ar de 3,4 km h⁻¹. A aplicação na segunda época (quatro perfilhos) ocorreu no dia 29 de junho de 2007, no dia de aplicação as condições climáticas eram: umidade relativa do ar de 78%, temperatura do ar 9°C e velocidade do ar de 4,4 km h⁻¹. A aplicação da terceira época (estádio fenológico de pré-florescimento) ocorreu no dia 20 de julho de 2007, sendo que as condições climáticas no momento da aplicação eram de temperatura na faixa dos 12°C, umidade relativa do ar de 68% e velocidade do ar de 2,7 km h⁻¹. No dia 25 de agosto de 2007, ocorreu a aplicação dos tratamentos herbicidas para a quarta época (estádio fenológico de enchimento de grãos), sendo que as condições climáticas no momento da aplicação eram de: temperatura do ar de 13,4°C, umidade relativa do ar de 54% e velocidade do ar de 3,5 km h⁻¹. Os dados climáticos para cada aplicação foram obtidos junto Estação Climatológica Principal da UFSM, pertencente ao 8° DISME/INMET/MA, localizada a setenta metros de distância da área experimental.

Tabela 1 - Descrição dos tratamentos herbicida aplicados sobre os genótipos diplóides e tetraplóides de azevém. Santa Maria/RS, 2009

| Tratamentos | Nome comercial | Ingrediente ativo | Dose (g e.a. ha ⁻¹) | Dose (L p.c. ha ⁻¹) |
|-------------|------------------|-------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| 1 | | | 0 | 0,0 |
| 2 | | | 240 | 0,5 |
| 3 | Roundup Original | Glyphosate ¹ | 480 | 1,0 |
| 4 | | | 960 | 2,0 |
| 5 | | | 1920 | 4,0 |
| 6 | | | 3840 | 8,0 |
| 7 | | | 7680 | 16,0 |

¹ nome químico - N-fosfometil glicina

Tabela 2 - Descrição dos estádios fenológicos dos genótipos de azevém em que foram feitas as aplicações dos tratamentos herbicidas. Santa Maria/RS, 2009

| Tratamentos | Estádios fenológicos da planta daninha ¹ |
|-------------|---|
| 1 | 12 (duas folhas) |
| 2 | 24 (quarto perfilhos) |
| 3 | 45 (pré-florescimento) |
| 4 | 65 (formação de grãos) |

¹ foi utilizada a escala fenológica da BBCH, onde o primeiro número significa o estágio principal de crescimento e o segundo os estádios secundários de crescimento (HESS et al., 1997)

Os parâmetros avaliados para comparação entre os tratamentos foram: avaliação visual de controle aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação do herbicida (DAA), no respectivo estágio fenológico, sendo que neste trabalho são apresentados os resultados dos 28 DAA, e fitomassa seca e verde da planta daninha aos 28 DAA.

Os dados foram inicialmente submetidos à aplicação do teste F na análise de variância. Em seguida, foram ajustados para o modelo de regressão não-linear do tipo logístico, proposto por Streibig (1988):

$$y = \frac{a}{\left[1 + \left(\frac{x}{b} \right)^c \right]}$$

Em que: y é o controle percentual, x é a dose do herbicida (g ha^{-1}) e a , b , e c são parâmetros estimados da equação, de tal forma que a é a amplitude existente entre o ponto máximo e o ponto mínimo da variável; b é a dose que proporciona 50% de resposta da variável e c é a declividade da curva ao redor de b .

O modelo logístico apresenta vantagens uma vez que um dos termos integrantes da equação (b) é uma estimativa do valor de C_{50} (CHRISTOFFOLETI, 2002). O C_{50} (controle de 50%) é a dose do herbicida, em gramas do ingrediente ativo por hectare, que proporciona o valor de 50% de controle ou de redução de crescimento da planta daninha (CHRISTOFFOLETI, 2002; CHRISTOFFOLETI; LÓPEZ-OVEJERO, 2008). Embora um dos parâmetros do modelo logístico (b) seja uma estimativa do valor de C_{50} ,

optou-se também por realizar seu cálculo matemático por meio da equação inversa, com base na discussão proposta por Carvalho et al. (2005).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A visualização dos sintomas fitotóxicos do glyphosate no azevém diplóide e tetraplóide foram observadas no experimento a partir do quinto dia após a aplicação do herbicida (dados não apresentados). Este fato pode ser devido ao padrão de absorção foliar nas plantas. A absorção do glyphosate é um processo bifásico, onde apresenta uma rápida penetração pela cutícula foliar, seguida de uma lenta transferência para os tecidos vasculares (MONQUERO, 2003). A translocação do glyphosate entre os tecidos das plantas pode ser considerada rápida, quando comparada com outros herbicidas, ocorrendo preferencialmente via floema, simultaneamente na rota dos produtos fotossintéticos (DEVINE; BANDEEN; MCKERSIE, 1993). O sentido da translocação do glyphosate é das folhas fotossinteticamente ativas (fonte) até tecidos que utilizam estes fotoassimilados (dreno).

Analisando as curvas de dose-resposta contidas na Figura 1, verifica-se que as aplicações de doses de glyphosate no estágio de duas folhas dos genótipos diplóides e tetraplóides de azevém proporcionaram eficácia de controle diferencial entre os genótipos, principalmente na faixa de doses de 240 a 1.920 g e.a. ha⁻¹. Estas diferenças evidenciam a maior suscetibilidade do fenótipo diplóide ao herbicida glyphosate na dose recomendada do herbicida para o azevém (960 a 1.920 g e.a. ha⁻¹, segundo Rodrigues e Almeida (2005)).

Dentre as principais características agrônômicas apresentadas por uma cultivar tetraplóides de azevém, quando utilizada para fins de produção de forragem, destaca-se rápida produção inicial e alta produção total de fitomassa verde da forragem, além de apresentar um ciclo vegetativo mais longo, quando comparado com uma cultivar diplóide (JENSEN et al., 2003). No entanto, estas diferenças não são constantes entre os genótipos de todas as espécies que apresentam os dois tipos de grau de ploidia. No trabalho desenvolvido por Thomas e Murray (1978) não foi encontrada nenhuma relação entre o nível de tolerância da planta daninha grama-seda (*Cynodon dactylon*) ao herbicida dalapon e grau de ploidia da planta daninha. No entanto, a poliploidia tem sido estudada como uma das forças evolutivas das espécies vegetais (SOLTIS; SOLTIS, 1995). Várias respostas positivas têm sido observadas de poliplóides ao

estresse submetido pelo ambiente onde a planta está sobrevivendo, em comparação com diplóides. Lewis (1980) destaca que poliplóides são também mais tolerantes a herbicidas, sendo esta tolerância relacionada com o aumento de heterozigose e redundância genética.

As doses de glyphosate necessária para controle de 50% dos genótipos, apresentados na Tabela 3 (valores de b da equação não linear) no estágio de duas folhas indicam que há necessidade de um acréscimo de 1,76 vezes na dose (FT) para o genótipo tetraplóide. Sendo assim, fica evidente que o genótipo apresenta uma tolerância maior ao glyphosate. Conseqüentemente, para obtenção de resultados de controle satisfatórios deste genótipo no processo de dessecação é necessário doses maiores em comparação com o genótipo diplóide, conforme pode ser observado na Tabela 4. Para obter os mesmos índices de controle o genótipo tetraplóide necessita 2,10; 2,33; 2,57 e 3,19 vezes a dose utilizada no biótipo diplóide, para obtenção eficácia de controles de 80; 90; 95 e 99%, respectivamente (Tabela 4). Segundo Vargas et al. (2006), o glyphosate é um herbicida de amplo espectro, utilizado há mais de 15 anos, em pomares de maçã na região de Vacaria-RS, para manejo da vegetação nas linhas da cultura, onde o azevém é uma planta daninhas predominante durante o período de inverno. São realizadas, em geral, três a quatro aplicações por ciclo e a dose normalmente utilizada está entre 720 a 1080 g e.a. ha⁻¹ de glyphosate. Sendo assim, segundo os resultados da presente pesquisa (Tabela 4) para o controle do genótipo tetraplóide a dose recomendada para o controle de azevém no Rio Grande do Sul não atingiria, no estágio de duas folhas, o valor mínimo de exigido de 80% (BRASIL, 2009), pois para isso seria necessária uma dose mínima de 1.125 g e.a. ha⁻¹ (Tabela 4).

Na Figura 2 estão apresentados os resultados de controle do segundo estágio fenológico de aplicação de dois perfilhos, ou seja, estágio 24, segundo a escala da BBCH (HESS et al., 1997). É possível observar que também neste estágio existe eficácia de controle diferencial dos genótipos pelo glyphosate, porém em menor intensidade. No entanto, analisando a Tabela 3, verifica-se que os valores de C_{50} (valores de b da equação não linear) tiveram dimensão maior que o primeiro estágio de aplicação, indicando de uma forma geral os dois genótipos apresentaram uma tolerância maior que o estágio fenológico já discutido. Esta informação também pode

ser visualizada na Tabela 5, onde se observa que para um controle de 90% do azevém tetraplóide é necessário uma dose de 2.276,9 g e.a. ha⁻¹, e para o diplóide 1.625,1 g e.a. ha⁻¹. Segundo Rodrigues e Almeida (2005) a dose máxima recomendada do herbicida glyphosate para o azevém é de 1.920 g e.a. ha⁻¹, sendo assim, para o genótipo tetraplóide não é possível, no estágio fenológico de quatro perfilhos, obter controles da ordem de 90% conforme exigem algumas situações de alta pressão de infestação de azevém nos sistemas agrícolas (observações práticas).

Com o objetivo de modelar a relação entre biótipos de *L. multiflorum* resistente e susceptível ao glyphosate em relação a duas variáveis independentes (dose do herbicida e estágio fenológico), Ribeiro (2008) concluiu que quanto mais avançado for o estágio fenológico de desenvolvimento dos biótipos resistentes (R) e suscetível (S) de *L. multiflorum*, maior a dose de glyphosate necessária para atingir níveis de eficácia de controles considerados satisfatórios agronomicamente (acima de 80% - BRASIL, 2009), portanto concordando com a presente pesquisa.

O estágio de desenvolvimento e a morfologia da planta influem diretamente na quantidade de herbicida interceptada e retida durante uma pulverização. Dentre os aspectos relacionados com a morfologia da planta destacam-se, a forma e a área do limbo foliar, e também o ângulo ou a orientação das folhas em relação ao jato de pulverização (SILVA et al., 2002). Na presente pesquisa foi observado, embora não avaliado, que à medida que os estádios fenológicos avançaram as plantas de azevém de ambos os genótipos apresentavam folhas mais cerosas, e com conseqüente menor retenção foliar da calda de herbicida aplicada, justificando assim a menor eficácia das mesmas doses utilizadas em estádios fenológicos menos avançados.

Christoffoleti et al. (2005) estudaram a expressão da resistência ao glyphosate em relação ao estágio de desenvolvimento do *Lolium multiflorum*, conduzindo experimentos a campo e em casa de vegetação e concluíram que: i) quanto mais avançado o estágio fenológico da planta daninha no momento da aplicação, maiores dificuldades de controle pelas doses menores de glyphosate são obtidas, principalmente na dose de 960 g e.a. ha⁻¹, no entanto, nessa dose, e nos estádios de duas folhas a cinco perfilhos o controle foi superior a 90%, apresentando rebrota posteriormente; ii) com o incremento da dose de glyphosate, observou-se resposta

significativa no controle para todos os estádios fenológicos da planta daninha no momento da aplicação do herbicida.

Dias (2008) avaliou a resposta biológica da *C. benghalensis* (trapoeraba) a aplicações de diferentes doses do herbicida glyphosate (2.880, 1.440, 720, 360, 180, 90, 45, 22,5 e 0,0 g i.a. ha⁻¹) em seis estádios fenológicos (primeira folha verdadeira; duas folhas verdadeiras; quatro folhas; seis folhas e cinco ramos laterais; oito folhas e sete ramos laterais; e dez folhas e doze ramos laterais - florescimento), aos 28 dias após a aplicação. Concluiu que o grau de desenvolvimento fenológico das plantas de trapoeraba comprometeu o controle obtido, ou seja, melhores controles ocorrem com a aplicação de glyphosate sobre plantas em estádios iniciais de desenvolvimento. Em plantas em estádios fenológicos a partir de quatro folhas não houve controles considerados satisfatórios para a dose recomendada pelo fabricante de 720 g i.a. ha⁻¹.

As curvas dose-resposta que constam na Figura 3, evidenciam a resposta dos genótipos de azevém, quando submetidos à aplicação de doses do herbicida glyphosate no estágio fenológico de pré-florescimento (estádio 45 pela escala da BBCH, HESS et al., 1997). Da mesma forma que nos dois estádios anteriores, observa-se que há uma diferença de resposta entre as curvas de controle do diplóide e tetraplóide, sendo o tetraplóide mais tolerante que o diplóide. Esta maior suscetibilidade do diplóide pode ser observada pelo valor de *b* (Tabelas 3 e 6). É interessante observar que os valores de *b* dos dois genótipos no estágio de quatro perfilhos (estádio 24 pela escala BBCH – Tabela 4) foram superiores aos valores de *b* obtidos para os genótipos no estágio de pré-florescimento (Tabela 5). Uma possível explicação para este resultado é que no estágio de pré-florescimento o transporte de solutos é maior e direcionado para a formação de órgãos reprodutivos, interferindo na relação fonte/dreno da planta. Conseqüentemente há aumento no transporte do herbicida pela planta, diminuindo a capacidade da planta em metabolizar outras moléculas presentes, assim as plantas ficam mais suscetíveis a fatores bióticos e abióticos (LINCOLN; ZEIGER, 2009).

Tabela 3 - Doses de glyphosate em (g e.a. ha⁻¹) que controlam 50% (parâmetro *b* da equação de ajuste da curva de dose-resposta) e fator de tolerância (FT) dos genótipos diplóides e tetraplóides de azevém, em função do estágio fenológico de aplicação do glyphosate. Santa Maria, RS, 2009

| Genótipo | Estádio fenológico de aplicação do glyphosate ¹ | | | |
|-----------------|--|-------------|-------------------|-------------------|
| | 2 folhas | 4 Perfilhos | Pré-florescimento | Formação de grãos |
| Diplóide | 356,10 ² | 622,54 | 441,23 | 663,8 |
| Tetraplóide | 625,36 | 823,32 | 809,74 | 1019,1 |
| FT ³ | 1,76 | 1,32 | 1,83 | 1,53 |

¹ Estádio fenológico das plantas de azevém no momento da aplicação do herbicida glyphosate.

² Valores de *b* (g e.a. ha⁻¹ de glyphosate), que representa o C₅₀.

³ FT - Fator de tolerância entre os genótipos diplóide e tetraplóide submetidos a aplicação de glyphosate, calculado a partir da razão dos valores de *b* do genótipo tetraplóide pelo genótipo diplóide.

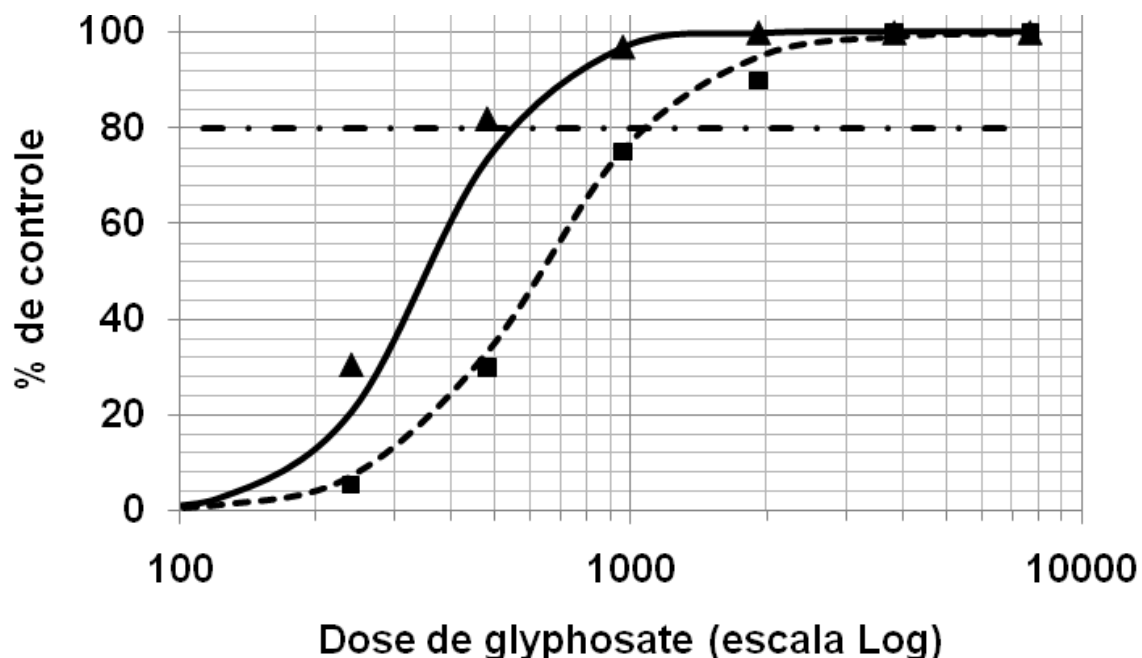


Figura 1 - Efeito de doses de glyphosate no controle de genótipos diplóide e tetraplóide de azevém, aplicado no estágio de duas folhas (estádio 12, segundo a escala da BBCH (HESS et al., 1997)), ou seja na 1ª época de aplicação. Linha contínua (ajuste da equação: $y = 100/[1 + \exp\{-3,40 \cdot (x/356,1)\}]$, $R^2=0,95$, e símbolos triangulares representam as porcentagens de controle do genótipo diplóide, valores calculados e médias obtidas respectivamente. A linha tracejada: $y = 100/[1 + \exp\{-2,63 \cdot (x/625,36)\}]$, $R^2=0,95$ e símbolos retangulares representam as porcentagens de controle do genótipo tetraplóide, valores calculados e médias obtidas respectivamente. A linha tracejada e pontilhada representa o eixo cruzando na porcentagem de controle de 80%. Santa Maria/RS, 2009

Tabela 4 - Doses de glyphosate em g e.a. ha⁻¹ necessárias para os respectivos controles, calculadas através do modelo logístico ajustado para os dados das curvas de dose resposta dos genótipos diplóides: $y = 100/[1 + \exp\{-3,40*(x/356,1)\}]$, e tetraplóides: $= 100/[1 + \exp\{-2,63*(x/625,36)\}]$, de azevém, aplicado no estágio de duas folhas (estádio 12, segundo a escala da BBCH (HESS et al., 1997)), ou seja na 1ª época de aplicação. Santa Maria/RS, 2009

| % controle | Diplóide (D) | Tetraplóide (T) | T/D |
|-------------------|---------------------|------------------------|------------|
| 99 | 1375,7 | 4382,7 | 3,19 |
| 95 | 846,6 | 2177,6 | 2,57 |
| 90 | 679,6 | 1586,6 | 2,33 |
| 80 | 535,4 | 1125,2 | 2,10 |
| 50* | 356,1 | 625,4 | 1,76 |

* Representa o valor do parâmetro b da equação da curva de dose-resposta utilizada na representação gráfica dos dados obtidos (C₅₀).

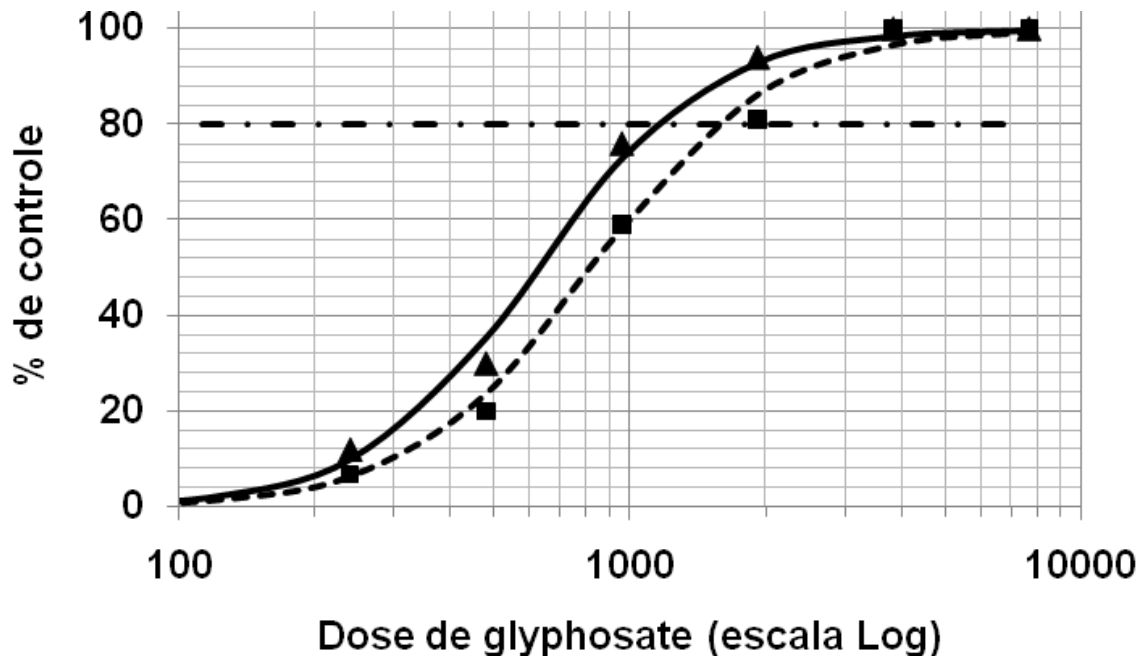


Figura 2 - Efeito de doses de glyphosate no controle de genótipos diplóide e tetraplóide de azevém, aplicado no estágio de quatro perfilhos (estádio 24, segundo a escala da BBCH (HESS et al., 1997)), ou seja na 2ª época de aplicação. Linha contínua (ajuste da equação: $y=100/[1+\exp\{-2,29*(x/622,54)\}]$, $R^2=0,98$, e símbolos triangulares representam as porcentagens de controle do genótipo diplóide, valores calculados e médias obtidas respectivamente. A linha tracejada: $y=100/[1+\exp\{-2,16*(x/823,32)\}]$, $R^2=0,99$, e símbolos retangulares representam as porcentagens de controle do genótipo tetraplóide, valores calculados e médias obtidas respectivamente. A linha tracejada e pontilhada representa o eixo cruzando na porcentagem de controle de 80%. Santa Maria/RS, 2009

Tabela 5 - Doses de glyphosate em g e.a. ha⁻¹ necessárias para os respectivos controles, calculadas através do modelo logístico ajustado para os dados das curvas de dose resposta dos genótipos diplóides: $y = 100/[1 + \exp\{-3,40*(x/356,1)\}]$, e tetraplóides: $y = 100/[1 + \exp\{-2,63*(x/625,36)\}]$, de azevém, aplicado no estágio de quatro perfilhos (estádio 24, segundo a escala da BBCH (HESS et al., 1997)), ou seja na 2ª época de aplicação. Santa Maria/RS, 2009

| % controle | Diplóide (D) | Tetraplóide (T) | T/D |
|-------------------|---------------------|------------------------|------------|
| 99 | 4630,5 | 6909,9 | 1,49 |
| 95 | 2252,0 | 3218,0 | 1,43 |
| 90 | 1625,1 | 2276,9 | 1,40 |
| 80 | 1140,4 | 1564,2 | 1,37 |
| 50* | 622,5 | 823,3 | 1,32 |

* Representa o valor do parâmetro b da equação da curva de dose-resposta utilizada na representação gráfica dos dados obtidos (C₅₀).

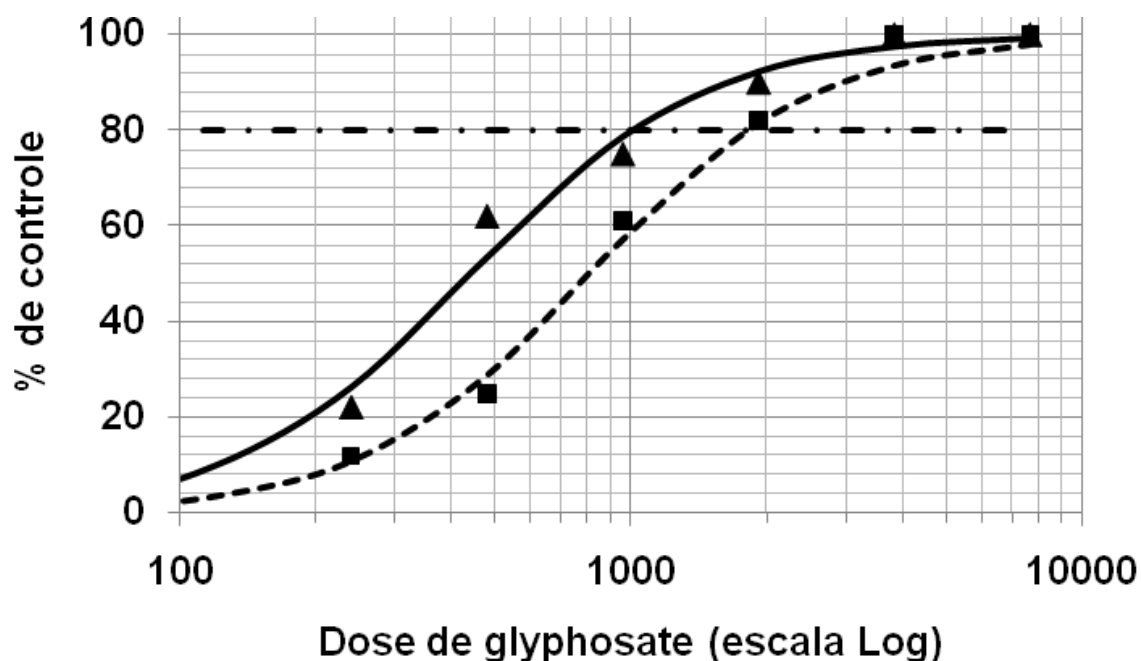


Figura 3 - Efeito de doses de glyphosate no controle de genótipos diplóide e tetraplóide de azevém, aplicado no estágio de pré-florescimento (estádio 45, segundo a escala da BBCH (HESS et al., 1997)), ou seja na 3ª época de aplicação. Linha contínua (ajuste da equação: $y=100/[1+\exp\{-1,68*(x/441,23)\}]$, $R^2=0,95$, e símbolos triangulares representam as porcentagens de controle do genótipo diplóide, valores calculados e médias obtidas respectivamente. A linha tracejada: $y=100/[1+\exp\{-1,72*(x/809,74)\}]$, $R^2=0,98$, e símbolos retangulares representam as porcentagens de controle do genótipo tetraplóide, valores calculados e médias obtidas respectivamente. A linha tracejada e pontilhada representa o eixo cruzando na porcentagem de controle de 80%. Santa Maria/RS, 2009

Tabela 6 - Doses de glyphosate em g e.a. ha⁻¹ necessárias para os respectivos controles, calculadas através do modelo logístico ajustado para os dados das curvas de dose resposta dos genótipos diplóides: $y=100/[1+\exp\{-1,68*(x/441,23)\}]$, e tetraplóides: $y=100/[1+\exp\{-1,72*(x/809,74)\}]$, de azevém, aplicado no estágio de pré-florescimento (estádio 45, segundo a escala da BBCH (HESS et al., 1997)), ou seja na 3ª época de aplicação. Santa Maria/RS, 2009

| % controle | Diplóide (D) | Tetraplóide (T) | T/D |
|-------------------|---------------------|------------------------|------------|
| 99 | 6800,5 | 11711,1 | 1,72 |
| 95 | 2545,8 | 4485,5 | 1,76 |
| 90 | 1631,8 | 2904,9 | 1,78 |
| 80 | 1007,0 | 1812,9 | 1,80 |
| 50* | 441,2 | 809,7 | 1,84 |

* Representa o valor do parâmetro b da equação da curva de dose-resposta utilizada na representação gráfica dos dados obtidos (C₅₀).

Diversos estudos têm sido relatado na literatura que a distribuição de glyphosate nas plantas é proporcional, e no mesmo sentido dos foto-assimilados em muitas espécies de plantas (GOUGLER; GEIGER, 1981), geralmente seguindo o padrão fonte-dreno. Sendo assim, existe um grande potencial da translocação do glyphosate intensificar-se durante início do desenvolvimento floral das plantas (pré-florescimento), pois estas servem de um dreno metabólico na planta, explicando assim o menor valor de C_{50} no estágio de pré-florescimento (Tabela 5) em relação ao estágio de quatro perfilhos (Tabela 4), obtido por esta pesquisa. No entanto, a mesma tendência de menores doses do glyphosate não foi observada quando o nível de controle desejado foi maior (80 a 99%, comparando as Tabela 4 e 5).

Na literatura existem relatos de que o estágio de crescimento das plantas afeta a absorção e translocação de ^{14}C -glyphosate tanto nas plantas daninhas quanto nas culturas (DAVIS; FAWCETT; HARVEY, 1979). Folhas de soja maduras absorvem mais glyphosate que folhas imaturas (McWHORTER; JORDAN; WILLS, 1980), enquanto que plantas jovens de capim massambará (*Sorghum halepense* (L.) Pers.) absorvem mais glyphosate que plantas maduras (CAMACHO; MOSHIER, 1991).

Analisando as curvas apresentadas na Figura 4, verifica-se que o genótipo de azevém tetraplóide mostrou-se mais tolerante a aplicação de glyphosate aplicado no estágio de formação de grãos. Esta tolerância é verificada através dos valores de b sendo estes 663,8 e 1019,1 g e.a. ha^{-1} de glyphosate, respectivamente para os genótipos diplóides e tetraplóides (Tabela 3). Verifica-se que nesta época de aplicação (formação de grãos) do glyphosate, ambos os genótipos de azevém foram mais tolerantes ao herbicida, este fato pode estar relacionado à fase de desenvolvimento da planta no momento da aplicação, onde nesta época o azevém encontrava-se no final do ciclo produtivo, assim apresentava-se maior porte, maior número de folhas e perfilhos. Assim, o transporte de solutos pela planta é menor, dificultando a ação do glyphosate.

Trabalhos na literatura têm evidenciado que a translocação do glyphosate nas plantas é proporcional a sua absorção. Segundo Sprankle, Meggitt e Penner (1979) em plantas anuais que encontram em estádios fenológicos de maturação das sementes a translocação limitada de fotossintetizados limitam a eficácia do glyphosate. Da mesma forma, as plantas daninhas tolerantes ao herbicida glyphosate, como a trapoeraba e

corda-de-viola, estudada por Monquero (2004), tem na translocação eficiente o principal fator que regula a eficácia do herbicida nas plantas.

Os dados contidos na Tabela 3 mostram os valores de b em g e.a. ha⁻¹ de glyphosate em relação à época de aplicação do herbicida nos genótipos diplóide e tetraplóide de azevém. A visualização da tolerância do genótipo tetraplóide sobre o genótipo diplóide é observada a partir de um coeficiente, denominado de fator de tolerância (FT). Observa-se que independente da época de aplicação do glyphosate o genótipo tetraplóide mostrou-se mais tolerante a ação do herbicida glyphosate quando comparado ao genótipo diplóide, está tolerância ficou em torno de 1,6 (FT=1,6), ou seja, para obter o mesmo efeito biológico nas plantas de azevém tetraplóide são necessárias 1,6 vezes a dose de glyphosate utilizada para controle do genótipo diplóide.

Os resultados de redução de fitomassa seca (Figuras 5 a 8) também demonstraram a maior capacidade de tolerar doses de glyphosate pelas plantas de azevém de genótipos tetraplóides.

Uma discussão que poderia auxiliar na elucidação dos mecanismos de maior tolerância do genótipo tetraplóide de azevém ao glyphosate é sobre os mecanismos de resistência dos biótipos de azevém resistentes ao glyphosate. Diversas pesquisas têm sido conduzidas nos últimos anos com o objetivo de elucidar o mecanismo de resistência de plantas daninhas ao glyphosate, sendo que o assunto ainda não está completamente esclarecido. Dentre os possíveis mecanismos de resistência destaca-se a absorção, translocação, metabolização e alterações da enzima alvo do glyphosate.

Estudos com *L. rigidum* feito por Feng et al. (1999) e Pratley et al. (1999), determinaram o mecanismo potencial de resistência dessa planta daninha ao glyphosate. A absorção, translocação e metabolismo de Glyphosate-C¹⁴ foram comparados entre biótipo resistente (R) e suscetível (S). Os resultados desses estudos demonstraram um padrão de absorção, translocação e metabolismo do glyphosate similar entre os biótipos R e S. No entanto, para a planta daninha capim-pé-de-galinha *E. indica* resistente ao glyphosate encontrada na Malásia, segundo Lee E Ngim (2000) e Tran et al. (1999), ocorre resistência múltipla ao glyphosate e herbicidas inibidores da ACCase, tendo como mecanismo de resistência o metabolismo diferencial entre os biótipos R e S.

Um dos principais trabalhos desenvolvidos para elucidação do mecanismo de resistência de *L. rigidum* ao glyphosate foi o de Baerson et al. (2002). Inicialmente os autores observaram que numa população dessa espécie existiam plantas com diferentes níveis de tolerância ao herbicida e assim classificaram como planta suscetível (S) as plantas que toleram as doses de até 0,5 kg de e.a. ha⁻¹; intermediária (I) as plantas que toleram as doses de até 1,0 kg de e.a. ha⁻¹; resistente (R) as plantas que toleram as doses de até 1,5 kg de e.a. ha⁻¹ e altamente resistente (A) as plantas que toleram as doses de até 3,0 kg de e.a. ha⁻¹. Esse fato também foi observado no Brasil, onde as plantas resistentes de azevém apresentaram diferentes graus de tolerância ao glyphosate (plantas que são controladas com 2,0 L/ha e outras necessitam de 4,0 L/ha e outras até 6,0 L/ha). A principal conclusão obtida por Baerson et al. (2002) é de que as plantas R e A apresentavam uma expressão gênica da para síntese da EPSPS maior que as plantas mais sensíveis ao herbicida, sugerindo com mecanismo principal de resistência a super expressão gênica do gene que codifica a EPSPS, induzida pela aplicação do glyphosate.

Outros trabalhos de pesquisa, no entanto evidenciam que o principal mecanismo de resistência ao glyphosate é a translocação do herbicida que é debilitada do biótipo R em relação ao S (RIBEIRO, 2008; FENG et al., 2004, MICHETE et al., 2007). Para Monquero et al. (2004) a dificuldade de controle das plantas daninhas trapoeraba (*Commelina benghalensis*) e corda-de-viola (*Ipomoea grandifolia*) ao glyphosate, quando comparada à planta daninha caruru (*Amaranthus hybridus*) está relacionada a dificuldades de absorção foliar e translocação do herbicida glyphosate por estas plantas daninhas, respectivamente.

A presente pesquisa não teve como objetivo estudar os mecanismos de tolerância do genótipo tetraplóide em relação ao diplóide ao glyphosate. No entanto, é provável que os mecanismos envolvidos na tolerância maior do tetraplóide estejam relacionados com uma dos mecanismos apresentados na literatura. Para a certeza do mecanismo envolvido novas pesquisas necessitam ser desenvolvidas com o objetivo específico de determinação deste mecanismo.

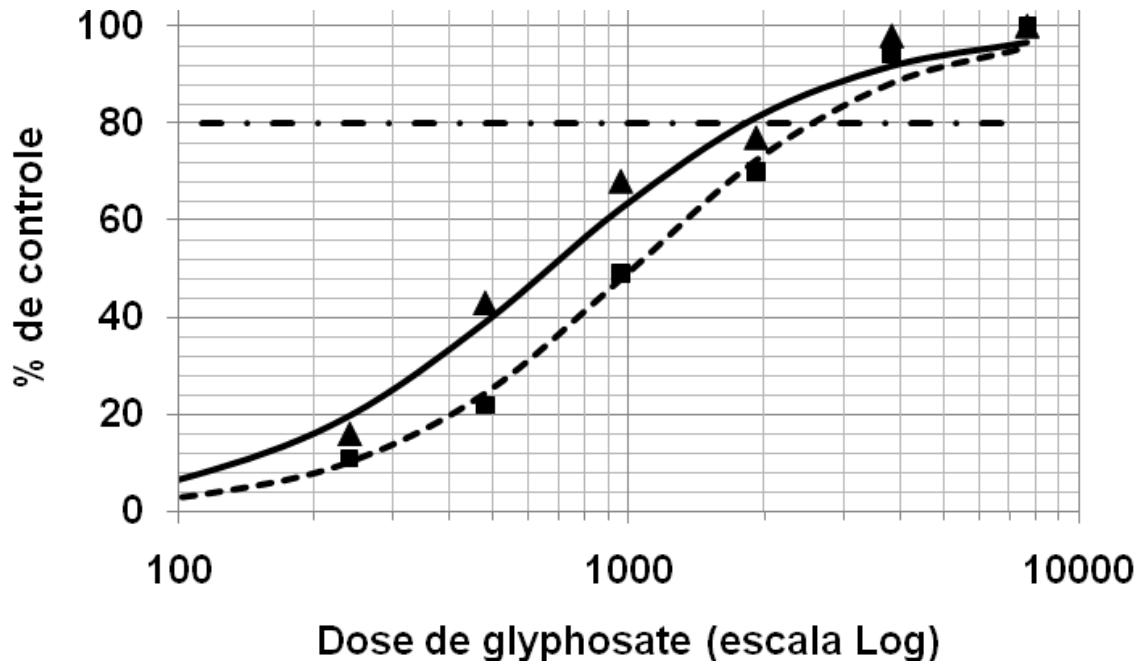


Figura 4 - Efeito de doses de glyphosate no controle de genótipos diplóide e tetraplóide de azevém, aplicado no estágio de formação de grãos (estádio 65, segundo a escala da BBCH (HESS et al., 1997)), ou seja na 4ª época de aplicação. Linha contínua (ajuste da equação: $y=100/[1+\exp\{-1,38*(x/663,8)\}]$, $R^2=0,99$, e símbolos triangulares representam as porcentagens de controle do genótipo diplóide, valores calculados e médias obtidas respectivamente. A linha tracejada: $y=100/[1+\exp\{-1,51*(x/1019,10)\}]$, $R^2=0,99$, e símbolos retangulares representam as porcentagens de controle do genótipo tetraplóide, valores calculados e médias obtidas respectivamente. A linha tracejada e pontilhada representa o eixo cruzando na porcentagem de controle de 80%. Santa Maria/RS, 2009

Tabela 7 - Doses de glyphosate em g e.a. ha⁻¹ necessárias para os respectivos controles, calculadas através do modelo logístico ajustado para os dados das curvas de dose resposta dos genótipos diplóides: $y=100/[1+\exp\{-1,38*(x/663,8)\}]$, e tetraplóides: $y=100/[1+\exp\{-1,51*(x/1019,10)\}]$, de azevém, aplicado no estágio de formação de grãos (estádio 65, segundo a escala da BBCH (HESS et al., 1997)), ou seja na 4^a época de aplicação. Santa Maria/RS, 2009

| % controle | Diplóide (D) | Tetraplóide (T) | T/D |
|-------------------|---------------------|------------------------|------------|
| 99 | 18541,7 | 21371,2 | 1,15 |
| 95 | 5606,2 | 7162,6 | 1,28 |
| 90 | 3262,3 | 4366,8 | 1,34 |
| 80 | 1812,6 | 2552,3 | 1,41 |
| 50* | 663,8 | 1019,1 | 1,54 |

* Representa o valor do parâmetro b da equação da curva de dose-resposta utilizada na representação gráfica dos dados obtidos (C₅₀).

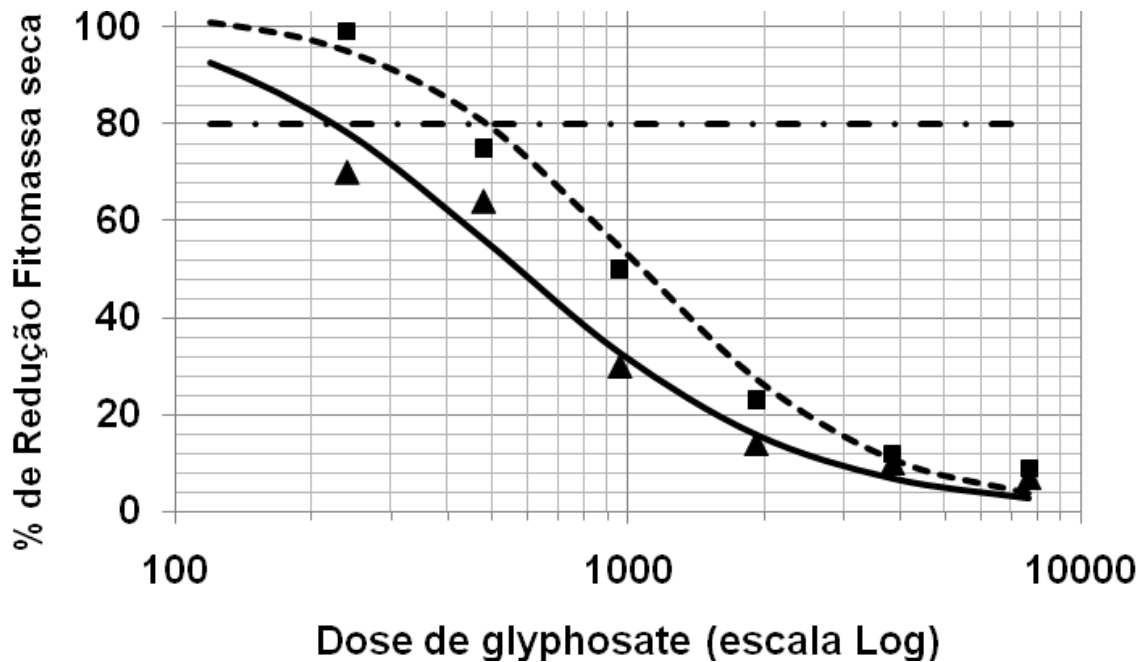


Figura 5 - Efeito de doses de glyphosate no controle de genótipos diplóide e tetraplóide de azevém, aplicado no estágio de duas folhas (estádio 12, segundo a escala da BBCH (HESS et al., 1997)), ou seja na 1ª época de aplicação. Linha contínua (ajuste da equação: $y=105/[1+\exp\{1,34*(x/533,2)\}]$, $R^2=0,90$, e símbolos triangulares representam as porcentagens de redução da fitomassa seca do genótipo diplóide, valores calculados e médias obtidas respectivamente. A linha tracejada: $y=104/[1+\exp\{1,63*(x/1022,4)\}]$, $R^2=0,95$ e símbolos retangulares representam as porcentagens de redução da fitomassa seca do genótipo tetraplóide, valores calculados e médias obtidas respectivamente. A linha tracejada e pontilhada representa o eixo cruzando na porcentagem de redução da fitomassa seca de 80%. Santa Maria/RS, 2009

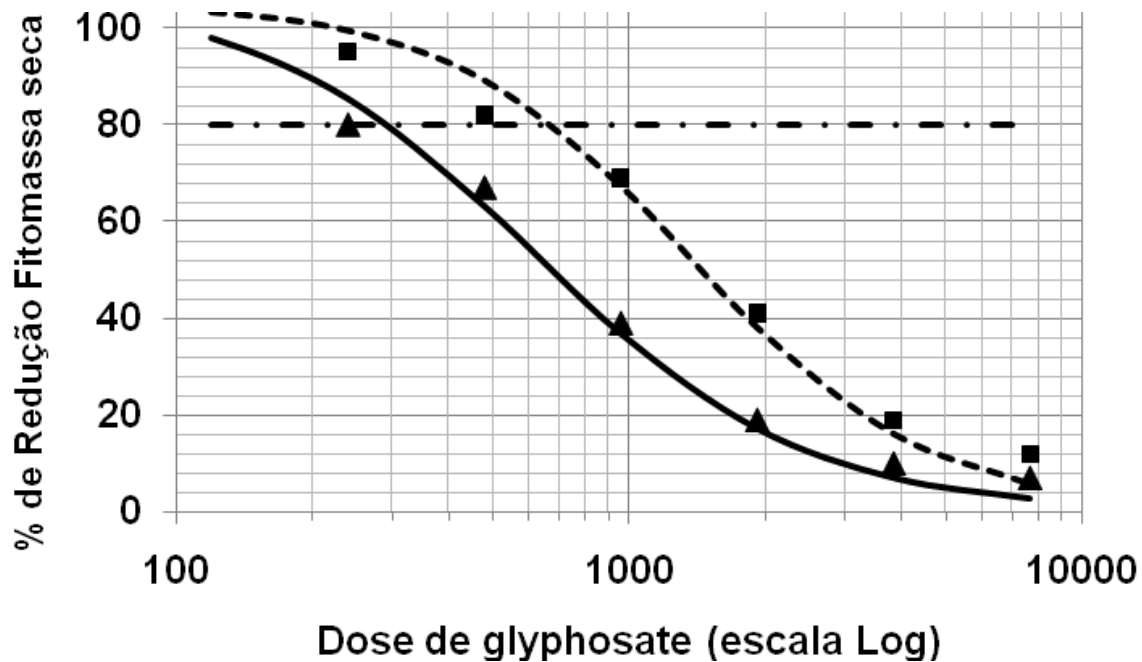


Figura 6 - Efeito de doses de glyphosate no controle de genótipos diplóide e tetraplóide de azevém, aplicado no estágio de dois perfilhos (estádio 24, segundo a escala da BBCH (HESS et al., 1997)), ou seja na 2ª época de aplicação. Linha contínua (ajuste da equação: $y=105/[1+\exp\{1,46*(x/617,9)\}]$, $R^2=0,87$, e símbolos triangulares representam as porcentagens de redução da fitomassa seca do genótipo diplóide, valores calculados e médias obtidas respectivamente. A linha tracejada: $y=105/[1+\exp\{1,65*(x/1365)\}]$, $R^2=0,95$ e símbolos retangulares representam as porcentagens de redução da fitomassa seca do genótipo tetraplóide, valores calculados e médias obtidas respectivamente. A linha tracejada e pontilhada representa o eixo cruzando na porcentagem de redução da fitomassa seca de 80%. Santa Maria/RS, 2009

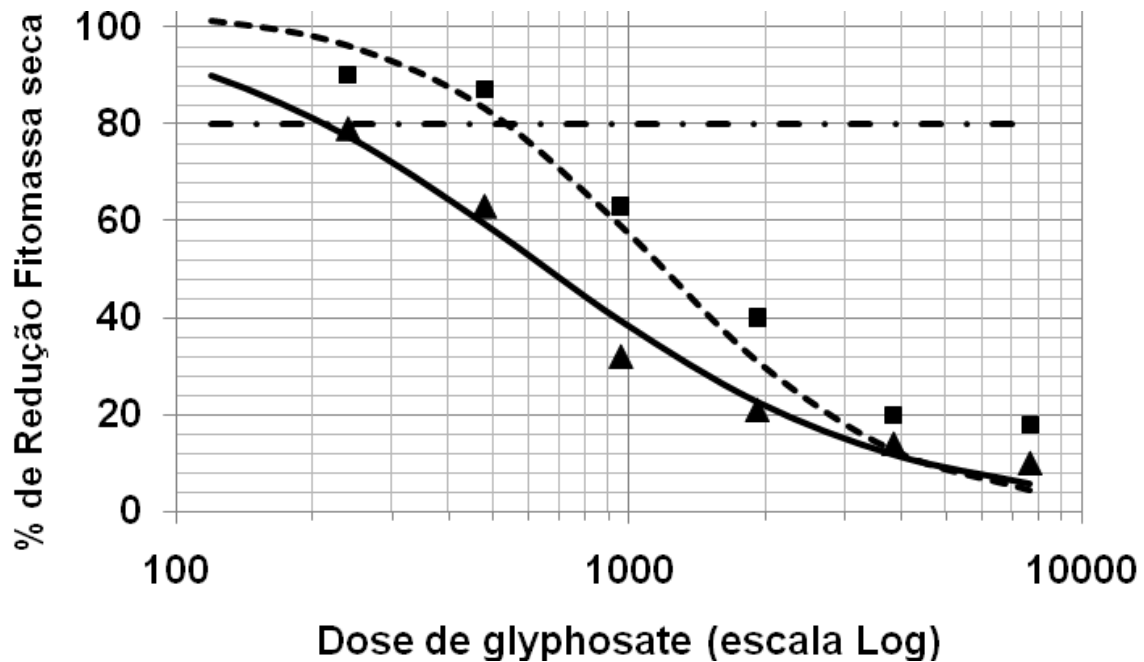


Figura 7 - Efeito de doses de glyphosate no controle de genótipos diplóide e tetraplóide de azevém, aplicado no estágio de pré-florescimento (estádio 45, segundo a escala da BBCH (HESS et al., 1997)), ou seja na 3ª época de aplicação. Linha contínua (ajuste da equação: $y=104/[1+\exp\{1,13*(x/618,6)\}]$, $R^2=0,94$, e símbolos triangulares representam as porcentagens de redução da fitomassa seca do genótipo diplóide, valores calculados e médias obtidas respectivamente. A linha tracejada: $y=104/[1+\exp\{1,62*(x/1137)\}]$, $R^2=0,98$ e símbolos retangulares representam as porcentagens de redução da fitomassa seca do genótipo tetraplóide, valores calculados e médias obtidas respectivamente. A linha tracejada e pontilhada representa o eixo cruzando na porcentagem de redução da fitomassa seca de 80%. Santa Maria/RS, 2009

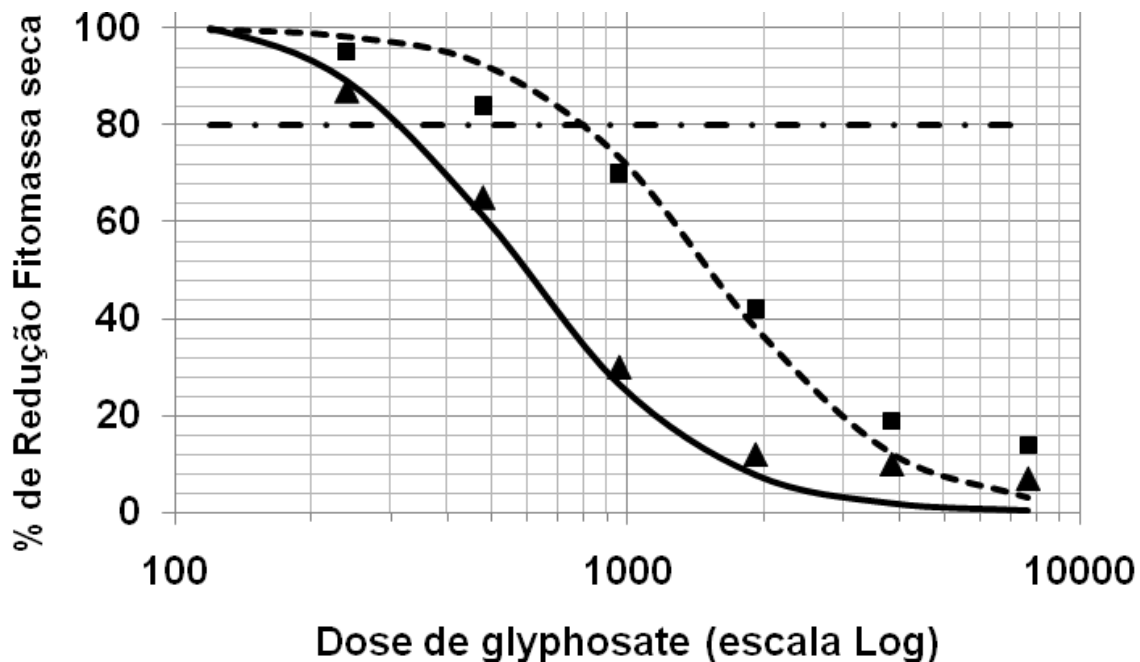


Figura 8 - Efeito de doses de glyphosate no controle de genótipos diplóide e tetraplóide de azevém, aplicado no estágio de formação de grãos (estádio 65, segundo a escala da BBCH (HESS et al., 1997)), ou seja na 4ª época de aplicação. Linha contínua (ajuste da equação: $y=104/[1+\exp\{2,07*(x/573,2)\}]$, $R^2=0,97$, e símbolos triangulares representam as porcentagens de redução da fitomassa seca do genótipo diplóide, valores calculados e médias obtidas respectivamente. A linha tracejada: $y=100/[1+\exp\{2,16*(x/1535,14)\}]$, $R^2=0,98$ e símbolos retangulares representam as porcentagens de redução da fitomassa seca do genótipo tetraplóide, valores calculados e médias obtidas respectivamente. A linha tracejada e pontilhada representa o eixo cruzando na porcentagem de redução da fitomassa seca de 80%. Santa Maria/RS, 2009

5 CONCLUSÕES

Nas condições em que foi desenvolvida esta pesquisa, foi possível concluir que:

- (i) Os genótipos de azevém diplóide apresentam suscetibilidade diferencial ao herbicida glyphosate, sendo o genótipo tetraplóide mais tolerante ao herbicida que o genótipo diplóide;
- (ii) Grau diferencial de tolerância, medido pelo fator de tolerância diferencial entre os genótipos, expresso pelo valor médio dos quatro estádios fenológicos estudados, utilizando como base o controle de 50% das plantas pelo glyphosate é de 1,6 vezes a dose de glyphosate no genótipo tetraplóide em relação ao genótipo diplóide;
- (iii) Os estádios fenológicos de desenvolvimento das plantas de ambos os genótipos estudados afetam o grau de tolerância ao glyphosate. De maneira geral em estádios mais avançados de desenvolvimento fenológicos dos dois genótipos a suscetibilidade do azevém é menor ao glyphosate, exceto para o estágio de pré-florescimento, no qual a planta é mais suscetível que o estágio de quatro perfilhos, quando o parâmetro de análise é a dose necessária para controle de 50% das plantas;
- (iv) Os parâmetros de análise de suscetibilidade fitomassa seca das plantas apresentam as mesmas tendências diferenciais entre os fenótipos diplóides e tetraplóides que o parâmetro porcentagem visual de controle.

REFERÊNCIAS

- AGOSTINETTO, D.; RIGOLI, R.P.; SCHAEGLER, C.E.; TIRONI, S.P.; SANTOS, L.S. Período crítico de competição de plantas daninhas com a cultura do trigo. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 26, n. 3, p. 271-278, 2008.
- AHRENS, D.C.; OLIVEIRA, J.C. Efeito do manejo do azevém anual (*Lolium multiflorum* Lam.) na produção de sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 19, n. 1, p. 41-47, 1997.
- ARNAUD, L.; NURIT, F.; RAVANEL, P.; TISSUT, M. Distribution of glyphosate and its target enzyme inside wheat plants. **Pesticide Science**, New York-NY, v. 40, n. 2, p. 217-223, 1994.
- BAERSON, S.R.; RODRIGUES, D.J.; BIEST, N.A.; TRAN, M.; YOU, J.S. KREUGER, R.W.; DILL, G.M.; PRATLEY, J.E.; GRUYS, K.J. Investigating the mechanism of glyphosate resistance in rigid ryegrass (*Lolium rigidum*). **Weed Science**, Lawrence, v. 50, n. 6, p. 721-730, 2002.
- BITTENCOUR, H.H. **Culturas de cobertura de inverno na implantação de sistema de plantio direto sem uso de herbicidas**. 2008. 114 p. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.
- BORGES, G.O. Resumo histórico do plantio direto no Brasil. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Trigo. **Plantio direto no Brasil**. Passo Fundo: EMBRAPA, CNPT; FECOTRIGO; Fundação ABC; Aldeia Norte, 1993. p. 13-18.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **AGROFIT**. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons> Acesso em: 23 jan. 2009.
- BRESOLIN, A.P.S. **Avaliação de populações de azevém quanto à tolerância ao alumínio tóxico e estimativa de tamanho de amostra para estudos de diversidade genética com marcadores AFLP**. 2007. 76 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2007.
- CAMACHO, R.F.; MOSHIER, L.J. Absorption, translocation and activity of CGA-136872, DPX-V9360, and glyphosate in rhizome johnsongrass (*Sorghum halepense*). **Weed Science**, Lawrence, v. 39, n. 3, p. 354–357, 1991.
- CARLISLE, S.M.; TREVORS, J.T. Glyphosate in the environment. **Water, Air, and Soil Pollution**, Dordrecht, v.39, n. 3/4, p. 409-412, 1988.
- CARVALHO, S.J.P.; LOMBARDI, B.P.; NICOLAI, M.; LÓPEZ-OVEJERO, R.F.; CHRISTOFFOLETI, P.J.; MEDEIROS, D. Curvas de dose-resposta para avaliação do controle de fluxos de emergência de plantas daninhas pelo herbicida imazapic. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 23, n. 3, p. 535-542, 2005.

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

CHRISTOFFOLETI, P.J.; LÓPEZ-OVEJERO, R.F. Resistência de 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 a Resistência de Plantas aos Herbicidas, 2008. p. 9-29.

CHRISTOFFOLETI, P.J.; TRENTIN, R.; TOCCHETTO, S.; MAROCHI, A.; GALLI, A.J.B.; LÓPEZ-OVEJERO, R.F.; NICOLAI, M. Alternative herbicides to manage Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) resistant to glyphosate at different phenological stages. **Journal of Environmental Science and Health**. Part B, Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes, Virginia, v. B40, n. 1, p. 59-67, 2005.

COLE, D.J.; CASELEY, J.C.; DODGE, A.D. Influence of glyphosate on selected plant process. **Weed Research**, Oxford, v. 23, n. 1, p. 173-183, 1983.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO RS/SC. **Manual de adubação e de calagem para o Estado do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Porto Alegre: UFRGS; SBCS/Núcleo Regional Sul, 2004. 400 p.

DAVIS, H.E.; FAWCETT, R.S.; HARVEY, R.G. Effects of frost and maturity on glyphosate phytotoxicity, uptake and translocation. **Weed Science**, Lawrence, v. 27, n. 1, p. 110-114, 1979.

DENARDIN, J.E. Pesquisa e desenvolvimento em sistema plantio direto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., 1997, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1997. 1 CD-ROM.

DEVINE, M.D.; BANDEEN, J.D.; MCKERSIE, B.D. Temperature effects on glyphosate absorption, translocation and distribution in quackgrass (*Agropyron repens*). **Weed Science**, Champaign, v. 31, n. 3, p. 461-464, 1993.

DIAS, A.C.R. **Germinação, competitividade com a cultura da soja e resposta biológica a aplicações de glyphosate para plantas de trapoeraba (*Commelina benghalensis* L.)**. 2008. 78 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidades de São Paulo, Piracicaba, 2008.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 2006. 306 p.

FARINATTI, L.H.E.; BRONDANI, I.L.A.; RESTLE, J.; CHIEZA, E.D.; ARBOITTE, M.Z.; KOEFENDER, I.; CATTELAN, J.; CEZIMBRA, J.M.; CHASSOT, R.C. **Avaliação de diferentes cultivares de azevém no desempenho de bezeros**. Santa Maria-RS: Embrapa Clima Temperado, 2006. 16 p. (Documento, 166).

FENG, P.C.; PRATLEY, J.E.; BOHN, J.A. Resistance to glyphosate in *Lolium rigidum*. II. Uptake, translocation, and metabolism. **Weed Science**, Champaign, Lawrence, v. 47, n. 4, p. 412-415, 1999.

FENG, P.C.C.; TRAN, M.; CHIU, T.; SAMMONS, R.D.; HECK, G.R.; CAJACOB, C.A. Investigations into glyphosate-resistant horseweed (*Conyza canadensis*): retention, uptake, translocation, and metabolism. **Weed Science**, Lawrence, v. 52, n. 4, p. 498-505, 2004.

FLECK, N.G. Competição de azevém (*Lolium multiflorum* L.) com duas cultivares de trigo. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 3, n. 2, p. 61-67, 1980.

FLOSS, E.L. Efeito do estresse hídrico sobre o rendimento das culturas. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v. 87, n. 1, p. 33-36, 2005.

FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo agropecuário**: recenseamento geral do Brasil. Rio de Janeiro, 2004. 200 p.

GOMES, J.F.; GOMES, J.F., STUMPF JÚNIOR, W., OERLECKE, D. Avaliação de cultivares de azevém anual na região noroeste do Rio Grande do Sul. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. **Anais...** Recife: SBZ, 2002. 1 CD-ROM.

GOUGLER, J.A.; GEIGER, D.R. Uptake and distribution of N-phosphonomethyl Glycine in sugarbeet plants. **Plant Physiology**, Rockville, v. 68, n. 3, p. 668-672, 1981.

HEAP, I.A. **Criteria for confirmation of the herbicide-resistant weeds**. Disponível em: <<http://www.weedscience.org/in.asp>>. Acesso em: 15 abr. 2008.

HESS, M; BARRALIS, G.; BLEIHOLDER, H.; BUHRS, L.; EGGERS, T.; HACK, H.; STAUSS, R. Use of the extended BBCH scale – general for the descriptions of the growth stages of mono- and dicotyledonous weed species. **Weed Research**, Oxford, v. 37, n. 6, p. 433-441, 1997.

JENSEN, K.B; * WALDRON, B.L.; ASAY K.H.; JOHNSON, D.A.; MONACO; T.A. Forage nutritional characteristics of orchardgrass and perennial ryegrass at five irrigation levels. **Agronomy Journal**, Madison, v. 95, n. 5, p. 668-675, 2003.

KISSMANN, K.G. **Plantas infestantes e nocivas**. 2. ed. São Paulo: BASF, 1997. t. 1, 824 p.

KOGER, C.H.; REDDY, K.N. Role of absorption and translocation in the mechanism of glyphosate resistance in horseweed (*Conyza canadensis*). **Weed Science**, Lawrence, v. 53, n. 1, p. 84-89, 2005.

KRUSE, N.D.; TRESSI, M.M.; VIDAL, R.A. Herbicidas inibidores da EPSPs: revisão de literatura. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Brasília, v. 2, n. 1, p. 139-146, 2000.

LEE, L.J.; NGIM, J. A first report of glyphosate-resistant goosegrass (*Eleusine indica* (L.) Gaertn.) in Malaysia. **Pest Management Science**, Lawrence, v. 56, n. 2, p. 336-339, 2000.

LEWIS, W.H. (Ed.). **Polyploidy: biological relevance**. New York: Plenum Press, 1980. 583 p.

LINCOLN, T.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. São Paulo: Ed. Artmed, 2009. 820 p.

MARCHEZAN, E. Arroz-vermelho: caracterização, prejuízos e controle. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 24, n. 2, p. 415-421, 1994.

McWHORTER, G.; JORDAN, R.N.; WILLS, G.D. Translocation of ¹⁴C-glyphosate in soybeans (*Glycine max*) and johnsongrass (*Sorghum halepense*). **Weed Science**, Lawrence, v. 28, n. 1, p. 113–118, 1980.

MICHETE, P.; DE PRADO, R.; ESPINOZA, N.; RUIZ-SANTAELLA, J.P.; GAUVRIT, C. Mechanisms of resistance to glyphosate in a ryegrass (*Lolium multiflorum*) biotype from Chile. **Weed Science**, Lawrence, v. 55, n. 5, p. 435-440, 2007.

MOOJEN, E.L.; MARASCHIN, G.E. Potencial produtivo de uma pastagem nativa do Rio Grande do Sul submetida a níveis de oferta de forragem. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 1, p. 127-132, 2002.

MOOJEN, E.L. **Apostila de forragicultura**. Santa Maria: UFSM, CCR, 1996. 200 p.

MONQUERO, P.A. **Dinâmica populacional e mecanismos de tolerância de espécies de plantas daninhas ao herbicida Glyphosate**. 2003. 99 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

MONQUERO, P.A.; CHRISTOFFOLETI, P.J.; OSUNA, M.D.; DE PRADO, R.A. Absorção, translocação e metabolismo do glyphosate por plantas tolerantes e suscetíveis a este herbicida. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 22, n. 3, p. 445-451, 2004.

MORENO, J.A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura do Estado do Rio Grande do Sul, Diretoria de Terras e Colonização, Secção de Geografia. 1961. 42 p.

NABINGER, C. Pastagens cultivadas como alternativa para áreas de várzea, Porto Alegre, RS, 1986. In: SIMPÓSIO SOBRE ALTERNATIVA AO SISTEMA TRADICIONAL DE UTILIZAÇÃO DE VÁRZEAS DO RIO GRANDE DO SUL, 1., 1984. Porto Alegre. **Anais...** Brasília: Provárzeas/Profir, 1986. p. 220-232.

NORO, G.; SCHEFFER-BASSO, S.M.; FONTANELI, R.S.; ANDREATTA, E. Gramíneas anuais de inverno para produção de forragem: avaliação preliminar de cultivares. **Agrociência**, Brasília, v. 7, n. 1, p. 35-40, 2003.

PADGETTE, S.R.; KOLACZ, K.H.; DELANNAY, X.; RE, D.B.; LAVALLEE, B.J.; TINIUS, C.N.; RHOADES, W.K.; OTERO, Y.L.; BARRY, G.F.; EICHOLTZ, D.A.; PESCHKE, V.M.; NIDA, D.L.; TAYLOR, N.B.; KISHORE, G. M. Development, identification, and characterization of a glyphosate tolerant soybean line. **Crop Science**, Madison, v. 35, p. 1451-1461, 1995.

PEREZ, A.; KOGAN, M. Glyphosate-resistant *Lolium multiflorum* in Chilean orchards. **Weed Research**, Oxford, v. 43, n. 1, p. 12-19, 2003.

PIRES, N.M.; FERREIRA, F.A.; SILVA, A.A.; OLIVEIRA V.R. Quantificação dos herbicidas glifosato e sulfosate na água após simulação de chuva. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 18, n. 3, p. 491-499, 2000.

PLINE, W.A.; WILCUT, J.W.; DUKE, S.O.; EDMISTEN, K.L.; WELLS, R. Tolerance and accumulation of shikimic acid in response to glyphosate applications in glyphosate-resistant and non glyphosate-resistant cotton (*Gossypium hirsutum* L.). **Journal of Agricultural and Food and Chemistry**, Easton, v. 50, n. 6, p. 506-512, 2002.

PRATLEY, J.; URWIN, N.A.R.; STANTON, R.A.; BAINES, P.R.; BROSTER, J.C.; CULLIS, K.; SCHAFER, D.E.; BOHN, J.A.; KRUEGER, R.W. Resistance to glyphosate in *Lolium rigidum*. I. Bioevolution. **Weed Science**, Lawrence, v. 47, p. 405-411, 1999.

PRITSCH, O.M. Épocas de siembra y manejo de cortes en la producción de semillas de raigrás anual cv. La Estanzuela 284. **Investigaciones Agronômicas**, Montevideo, v. 1, n. 1, p. 18-23, 1980.

PUPO, N.I.H. **Manual de pastagens e forrageiras**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1979. 343 p.

QUADROS, B.P.; SILVA, A.C.F.; QUADROS, F.L.F. Produção de forragem de cultivares de azevém (*Lolium multiflorum*) sob duas densidades de semeadura. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003, Recife. **Anais...** Recife: SBZ, 2003. 1 CD-ROM.

QUADROS, F.L.F.; BANDINELLI, D.G. Efeitos da adubação nitrogenada e de sistemas de manejo sobre a morfogênese de *Lolium multiflorum* Lam. e *Paspalum urvillei* Steud. em ambiente de várzea. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 1, p. 44-53, 2005.

RADOSEVICH, S.R.; HOLT, J.; GHERSA, C. **Weed ecology**: implications for management. 2nd ed. New York: John Wiley, 1997. 589 p.

RIBEIRO, D.N. **Caracterização da resistência ao herbicida glyphosate em biótipos da planta daninha *Lolium multiflorum* (Lam.)**. 2008. 102 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidades de São Paulo, Piracicaba, 2008.

RIBEIRO, D.N.; GIL, D.; CRUZ-HIPOLITO, H.E.; RUIZ-SANTAELLA, J.P.; CHRISTOFFOLETI, P.J.; VIDAL, R.A.; PRADO, R.A. Rapid assays for detection of glyphosate-resistant *Lolium* spp. **Journal of Plant Diseases and Protection**, Stuttgart, v. 21, n. 1, p. 95-99, 2008.

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.

ROCHA, M.G.; QUADROS, F.L.F.; GLIENKE, C.L., CONFORTIN, A.C.C., Costa, W.F.; ROSSI, G.E. Avaliação de espécies forrageiras de inverno na Depressão Central do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 36, n. 6, p.1990-1999, 2007. Suplemento.

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. **Guia de herbicidas**. 5. ed. Londrina: IAPAR, 2005. 592 p.

SILVA, A.A., FERREIRA, F.A., FERREIRA, F. A., WERLANG, R.C. **Biologia e controle de plantas daninhas**. Brasília: ABEAS, 2002. 189 p.

SILVA, M.R.M.; DURIGAN, J.C. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura do arroz de terras altas. I - Cultivar IAC 202. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 24, n. 4, p. 685-694, 2006.

SIMMONDS, N.W. **Evolution of crop plants**. London: Longman, 1976. 339 p.

SOARES, A.B.; RESTLE, J. Produção animal e qualidade de forragem de pastagem de triticale e azevém submetida a doses de adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 2, p. 908-917, 2002. Suplemento.

SOLTIS, D.E.; SOLTIS, P.S. The dynamic nature of polyploid genomes. **Proceedings of the National Academy of Science of the USA**, Washington, v. 92, n. 18, p. 8089-8091, 1995.

SPRANKLE, P.; MEGGIT, W.F.; PENNER, D. Effect of diluents volume and calcium on glyphosate phytotoxicity. **Weed Science**, Champaign, v. 26, n. 3, p. 224-228, 1975.

STREIBIG, J.C. Herbicide bioassay. **Weed Research**, Oxford, v. 28, n. 6, p. 479-484, 1988.

THOMAS, S.M.; MURRAY, B.G. Herbicide tolerance and polyploidy in *Cynodon dactylon* (L.) Pers. (*Gramineae*). **Annals of Botany**, Oxford, v. 42, n. 1, p. 137-143, 1978.

TRAN, M.; BAERSON, S.R.; BRINKER, R. Characterization of glyphosate resistant *Eleusine indica* biotypes from Malaysia. In: ASIAN-PACIFIC WEED SCIENCE

SOCIETY CONFERENCE, 17., 1999, Jakarta. **Proceedings...** Jakarta: APWSS, 1999. p.527-536.

TREZZI, M.M.; KRUSE, N.D.; VIDAL, R.A. Inibidores de EPSPs. In: VIDAL R.A.; METOTTO JR., A. (Ed.). **Herbicidologia**. Porto Alegre: Evangraf, 2001. p. 37-45.

VARGAS, L.; ROMAN, E.S.; RIZZARDI, M.A.; TOLEDO, R.E.B. Manejo de azevém resistente ao glyphosate em pomares de maçã com o herbicida Select (clethodim). **Revista Brasileira de Herbicidas**, Passo Fundo, v. 1, n. 1, p. 30-36, 2006.

VELINI, E.D. ; TRINDADE, M.L.B. Comportamento de herbicidas na planta. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE MANEJO INTEGRADO DE PLANTAS DANINHAS EM HORTALIÇAS, 1., 1992, Botucatu. Botucatu: UNESP, FCA, 1992. v. 1, p. 65-86.

VILELA, H. **Pastagem**: seleção de plantas forrageiras, implantação e adubação. Viçosa: Aprenda Fácil, 2005. 283 p.

WEED SCIENCE. **International survey of herbicide resistant weeds**. Disponível em: <<http://www.weedscience.org/in.asp>>. Acesso em: 15 abr. 2008.