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

**Seletividade do herbicida nicosulfuron para as
culturas de milho e arroz**

Faustino Facchin

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

**Piracicaba
2009**

**Faustino Facchin
Engenheiro Agrônomo**

Seletividade do herbicida nicosulfuron para as culturas de milho e arroz

**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**

Facchin, Faustino

Seletividade do herbicida nicosulfuron para as culturas de milho e arroz / Faustino

Facchin. - - Piracicaba, 2009.

75 p. : il.

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

1. Arroz 2. Controle químico 3. Herbicidas 4. Milho 5. Plantas daninhas I. Título

CDD 633.15
F137s

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

A minha esposa Lorena Dupont Facchin e a minha mãe, pelo reconhecimento e o apoio recebido durante o período em que me dediquei aos estudos.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

- À Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo;
- À Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) e em especial ao Departamento de Fitotecnia;
- À Escola Agrotécnica Federal de Sertão, no então o Diretor Prof. Elcio Paim, pela oportunidade e a receptividade na realização do curso e na administração das disciplinas;
- Ao Programa de Pós-graduação em Fitotecnia da ESALQ-USP que viabilizou a realização do Mestrado Interinstitucional entre a ESALQ-USP e a Escola Agrotécnica Federal de Sertões.
- Ao Professor Dr. Pedro Jacob Christoffoleti, pela orientação, amizade e contribuições à minha formação profissional;
- Ao Professor Dr. Paulo Augusto Manfron pela ajuda no desenvolvimento do trabalho, ensinamentos e ao companheirismo e confiança durante todo o tempo em que estivemos juntos na realização do mesmo;
- CEFETbg, pelo oportunidade de afastamento durante o período em que foram desenvolvidas as disciplinas do curso.
- Ao Eng. Agr. M. Sc. Marcelo Nicolai pela ajuda no desenvolvimento de parte da minha pesquisa;
- À Eng. Agr. M. Sc. Ana Carolina Ribeiro Dias pela ajuda na análise dos dados e sugestões na redação dos artigos científicos;
- Aos funcionários do Departamento de Fitotecnia da UFSM que contribuíram para a execução deste trabalho;
- A todos que, de forma direta ou indireta, contribuíram no desenvolvimento deste trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO.....	9
ABSTRACT	11
1 INTRODUÇÃO	13
Referências	15
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	19
2.1 Importância econômica da cultura de milho e perdas provocadas pelas plantas daninhas.....	19
2.1.1 Interferência das Plantas Daninhas.....	20
2.1.2 Métodos de Controle de Plantas Daninhas	20
2.1.2.1 Controle químico de plantas daninhas	21
2.1.3 Seletividade de herbicidas.....	22
2.1.3.1 Seletividade de herbicidas aplicados em pós-emergência	24
2.2 Importância econômica da cultura do arroz e perdas provocadas pelas plantas daninhas.....	26
2.2.1 Problemática do arroz-vermelho	26
2.2.2 Redução no potencial de rendimento do arroz cultivado.....	27
2.2.3 Controle químico de plantas daninhas	28
2.2.4 Seletividade de herbicidas.....	29
2.2.4.1 Sistema Clearfield®.....	29
2.3 Sulfoniluréias.....	30
2.3.1 Herbicida nicosulfuron.....	32
Referências	33
3 SELETIVIDADE DO HERBICIDA NICOSULFURON PARA A CULTURA DE MILHO.....	41
Resumo	41
Abstract	41
3.1 Introdução	42

3.2 Material e Métodos	44
3.3 Resultados e discussão	47
3.4 Conclusões	55
Referências.....	55
4 SELETIVIDADE DO HERBICIDA NICOSULFURON PARA A CULTURA DO ARROZ	61
Resumo	61
Abstract.....	61
4.1 Introdução.....	62
4.2 Material e Métodos	63
4.3 Resultados e Discussão	65
4.4 Conclusões	72
Referências.....	72
5 CONCLUSÕES GERAIS	75

RESUMO

Seletividade do herbicida nicosulfuron para as culturas de milho e arroz

A tolerância da cultura de milho aos herbicidas do grupo das sulfoniluréias, aplicados em condições de pós-emergência é variável em função do híbrido cultivado. Da mesma forma, tem sido observada tolerância diferencial ao nicosulfuron entre as cultivares de arroz melhoradas para tolerar os herbicidas imazethapyr + imazapic (AHAS-tolerante). Desta forma, este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar: a seletividade do herbicida nicosulfuron, aplicado em condições de pós-emergência, a híbridos de milho e cultivares de arroz AHAS-tolerante. No experimento com a cultura do milho, foram estudados dez híbridos designados comercialmente por DKB 370, DKB 990, AG 6020, AG 9040, AS 1551, AS 1572, SWB 585, BX 1149, BM 620 e BM 128, sendo o delineamento experimental adotado em blocos casualizados, com cinco tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos utilizados em g i.a. ha⁻¹ foram: nicosulfuron + atrazina a 20 + 1500; nicosulfuron + atrazina a 40 + 3000; nicosulfuron a 50; nicosulfuron a 60, bem como a testemunha capinada, aplicados no estágio fenológico de quatro folhas expandidas (V₄). Os híbridos que foram tolerantes a todos os tratamentos, não apresentando reduções de produção, foram DKB 370, AG 9040, AS 1551 e BM 620. Os tratamentos de nicosulfuron em mistura com atrazina nas doses de 20 + 1500 e 40 + 3000 g ha⁻¹ de i.a. foram seletivos para todos os híbridos testados. As doses de nicosulfuron a 50 e 60 g i a ha⁻¹ foram as mais fitotóxicas do experimento, os híbridos DKB 990, AG 6020, AS 1572, SWB 585, BX 1149 e BM 128 apresentaram redução de produção para ambas as dose. Para os híbridos AG 6020 e SWB 585 ocorreu diferenças de produção entre os tratamentos de nicosulfuron a 50 e 60 g i a ha⁻¹, o que indica suscetibilidade ao nicosulfuron. A tolerância ao nicosulfuron das duas cultivares de arroz AHAS-tolerante IRGA 422 CL e Puitá CL INTA foi testada em um outro experimento. Os tratamentos resultaram de esquema do tipo fatorial 2 x 8, em que duas foram as cultivares de arroz e oito foram as doses de nicosulfuron (0; 6,25; 12,5; 25; 50; 100; 200 e 400 g i.a.ha⁻¹). Foram realizadas avaliações visuais de sintomas de fitotoxicidade aos 15 e 20 dias após a aplicação (DAA) e aos 20 DAA avaliou-se o comprimento de raiz, comprimento da parte aérea das plantas e massa seca de cada cultivar separadamente. Os dados foram submetidos à aplicação do teste 'F' na análise da variância posteriormente a aplicação de regressões não lineares do tipo log-logístico. A cultivar IRGA 422 CL tolerou maiores doses de nicosulfuron quando comparada com a cultivar Puitá CL INTA.

Palavras-chave: Tolerância; Sulfoniluréias; Pós-emergência; *Zea mayz*; *Oryza sativa*

ABSTRACT

Selectivity of the herbicide nicosulfuron to the crops corn and rice

The tolerance of the crop corn to the sulfonylurea herbicides, sprayed in post emergence conditions, is variable according to the hybrids that is cultivated. Likewise, it has been observed differential tolerance to nicosulfuron among rice cultivars bred to tolerate the herbicides imazethapyr + imazapic (AHAS-tolerant). Therefore, this research was developed in order to evaluate the selectivity of the herbicide nicosulfuron, sprayed in post emergence conditions, to corn hybrids and AHAS-tolerant rice cultivars. In the experiment with the crop corn, it was studied ten hybrids commercially designated as DKB 370, DKB 990, AG 6020, AG 9040, AS 1551, AS 1572, SWB 585, BX 1149, BM 620 e BM 128, being the experimental design adopted randomized completely blocks, with five treatments and four replications. The treatments used in g a.i. ha⁻¹ were: nicosulfuron + atrazine at 20 + 1,500; nicosulfuron + atrazine at 40 + 3,000; nicosulfuron at 50; nicosulfuron at 60, as well as a check weed free, sprayed in the phenological stage of four expanded leaves (V₄). The hybrids that were tolerant to all treatments, with no yield reduction, were DKB 370, AG 9040, AS 1551 e BM 620. The treatments of nicosulfuron in mixture with atrazine at the rates of 20 + 1,500 e 40 + 3,000 g ha⁻¹ of i.a. were selective to all hybrids tested. The rates of nicosulfuron at 50 and 60 g a.i. ha⁻¹ were the least selective of the experiment, the hybrids DKB 990, AG 6020, AS 1572, SWB 585, BX 1149 and BM 128 showed yield reduction. For the hybrids AG 6020 and SWB 585 there were differences in the yield among treatments of nicosulfuron 50 and 60 g a.i. ha⁻¹, indicating low tolerance to nicosulfuron. The tolerance to nicosulfuron of the AHAS-tolerant rice cultivars IRGA 422 CL and Puita CL INTA was tested in another experiment. The treatments were obtained from a factorial design 2 x 8, with two rice cultivars and eight rates of nicosulfuron (0, 6.25, 12.5, 25, 50, 100, 200 and 400 g a.i.ha⁻¹). Visual observations of phytotoxicity symptoms were evaluated at 15 and 20 days after treatments (DAA) and at 20 DAA it was evaluated the root and shoot length and dry biomass of each cultivar separately. The data were submitted to 'F' test in the analysis of variance followed by the application of non linear regressions log-logistic type. The cultivar IRGA 422 CL tolerated higher rates of nicosulfuron when compared to the cultivar Puita CL Inta.

Keywords: Tolerance; Sulfonylurea; Post-emergence; *Zea mayz*; *Oryza sativa*

1 INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa* L.) é o principal alimento para a maioria da população mundial, constituindo-se, juntamente com o trigo e o milho, nos alimentos mais produzidos no mundo (SANINT, 1997). Já a cultura do milho (*Zea mays* L.) é uma das principais cultivadas no mundo, fornecendo produtos amplamente utilizados para a alimentação humana e de animais e matérias-primas para a indústria, notadamente em função da quantidade e da natureza das reservas acumuladas nos grãos (BASTOS, 1987; CAVALCANTI, 1987; ANDRADE, 2000; FANCELLI; DOURADO NETO, 2000, 2001).

Dentre os fatores bióticos responsáveis pela redução de rendimento da cultura do milho e do arroz encontram-se as interferências negativas causadas pela infestação de plantas daninhas, que podem afetar a produção, em função, principalmente, da competição por água, nutrientes, luz e possíveis efeitos alelopáticos, bem como por serem hospedeiras de pragas, agentes causadores de doenças e nematóides, dificultar a operação de colheita ou mesmo depreciar a qualidade final do produto (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000, PITELLI, 1985; SOUZA; FISCHER, 1986; FONTANA et al., 2007).

Estima-se que a redução causada pelas plantas daninhas na produção das culturas agrícolas no Brasil seja da ordem de 20 a 30%, podendo chegar até 90% em casos extremos. Para minimizar essas perdas, na maioria dos casos, tem sido usado o controle químico através da aplicação de herbicidas (BIANCHI, 1998).

A base para o sucesso do controle químico em pós-emergência é a seletividade do herbicida. A seletividade é considerada como uma medida da resposta diferencial de diversas espécies de plantas a um determinado herbicida. Quanto maior a diferença de tolerância entre a cultura e a planta daninha, maior a segurança de aplicação. É um fator relativo e particularmente característico para uma determinada interação herbicida – planta daninha – cultura – condições edafoclimática (OLIVEIRA JR., 2001). Anderson (1993) define seletividade como o controle de algumas plantas daninhas sem ocasionar injúrias a outras plantas de interesse comercial.

Dentre os fatores que determinam a seletividade encontram-se: i) fatores relacionados às características do herbicida ou ao método de aplicação como dose, formulação, localização espacial ou temporal do herbicida em relação à planta; ii) fatores relacionados às características das plantas como seletividade associada à retenção e à absorção diferencial (idade das plantas, cultivar, tamanho da semente ou estrutura de propagação vegetativa); seletividade associada a translocação diferencial e; seletividade associada ao metabolismo diferencial (detoxificação); iii) antídotos (OLIVEIRA JR., 2001; NICOLAI, 2004).

Entre os principais herbicidas pós-emergentes utilizados atualmente na cultura do milho destaca-se o nicosulfuron, do grupo químico das sulfoniluréias. Os herbicidas deste grupo inibem a acetolactato sintase (ALS), a primeira enzima comum à rota de biossíntese dos aminoácidos de cadeia ramificada, valina, leucina e isoleucina, em plantas e microrganismos (ASHTON; MONACO, 1991; ANDERSON et al., 1998).

A seletividade dos herbicidas sulfoniluréias para as culturas baseia-se nas diferentes taxas de metabolização dos mesmos pelas plantas (SWEETSER; SCHOW; HUTCHENSON, 1982; OBRIGAWITCH; KENYON; KURATLE, 1990; CAREY; PENNER; KELLS, 1997) e nas velocidades de absorção e translocação nos vegetais. Espécies tolerantes detoxificam rapidamente estes herbicidas, transformando-os em compostos não fitotóxicos pela ação do citocromo P450 monooxigenase, em reações de hidroxilação e glicoxilação (FONNE-PFISTER et al., 1990).

Para a cultura do arroz, a similaridade entre o arroz-vermelho e o arroz cultivado impedia, até recentemente, o controle seletivo dessa planta daninha com herbicidas. Contudo, o desenvolvimento de novos cultivares de arroz irrigado tolerantes a herbicidas pertencentes ao grupo das imidazolinonas possibilitou o controle do arroz-vermelho de forma seletiva (STEELE; CHANDLER; MCCAULEY, 2002). No entanto, há relatos de que o arroz cultivado tolerante ao herbicida imazethapyr possui também tolerância a vários outros herbicidas inibidores da ALS, como o nicosulfuron (WEBSTER; MASSON, 2001). Este herbicida tem demonstrado ser seletivos ao arroz mutado e eficiente no controle de plantas daninhas.

Já a tolerância dos híbridos de milho aos herbicidas pós-emergentes do grupo das sulfoniluréias é bastante variável, podendo ser elevada para alguns e reduzida para

outros. Híbridos considerados tolerantes a esses herbicidas podem apresentar sensibilidade, dependendo do estágio de desenvolvimento da planta, do ambiente e da dose utilizada (MORTON; HARVEY, 1992; GUBBIGA et al., 1995).

Desta forma, este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar a seletividade do herbicida nicosulfuron aplicado em condições de pós-emergência em híbridos de milho e cultivares de arroz AHAS-tolerante.

Referências

ANDERSON, D.D.; NISSEN, S.J.; MARTIN, A.R.; ROETH, F.W. Mechanism of primisulfuron resistance in a shattercane (*Sorghum bicolor*) biotype. **Weed Science**, Lawrence, v. 46, n. 1, p. 158-162, 1998.

ANDERSON, W.P. **Weed science principles**. Minnessota: West Publ., 1993. 655 p.

ANDRADE, R.V. Importância e uso de banco de germoplasma para o melhoramento genético vegetal – milho. In: UDRY, C.V.; DUARTE, W. **Uma história brasileira do milho**: o valor dos recursos genéticos. Brasília: Paralelo 15, 2000. p. 79-84.

ASHTON, F.M.; MONACO, T.D. **Weed science**: principles and practices. 3rd ed. New York: John Wiley, 1991. 272 p.

BASTOS, E. **Guia para o cultivo do milho**. São Paulo: Editora Ícone, 1987. 190 p. (Coleção Brasil Agrícola).

BIANCHI, M.A. Manejo integrado de plantas daninhas. In: CAMPOS, B.C. de (Coord.) **A cultura do milho em plantio direto**. Cruz Alta: FUNDACEP; FECOTRIGO, 1998. p. 125-142.

CAREY, J.B.; PENNER, D.; KELLS, J.J. Physiological basis for nicosulfuron and primisulfuron selectivity in five plant species. **Weed Science**, Lawrence, v. 45, n. 1, p. 22-30, 1997.

CAVALCANTI, G.S. **Cultura de milho**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1987. 38 p.

FANCELLI, A.L.; DOURADO-NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360 p.

_____. **Milho**: tecnologia e produtividade. Piracicaba: ESALQ, LPV, 2001. 259 p.

FONNE-PFISTER, R.; GAUDIN, J.; KREUZ, K.; RAMSTEINER, K.; EBERT, E. Hydroxylation of primisulfuron by inducible cytochrome P450 dependent monooxygenase system from maize. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, San Diego, v. 37, n. 1, p. 165-173, 1990.

FONTANA, L.C.; AGOSTINETTO, D.; PINTO, J.J.O.; ROSENTHAL, M.D.; RIGOLI, R.P.; FIGUEREDO, S.S. Controle de arroz-vermelho (*Oryza sp.*) com o herbicida nicosulfuron ou a mistura formulada de imazethapyr + imazapic. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n. 4, p. 783-790, 2007.

GUBBIGA, N.G.; WORSHAM, A.D.; COBLE, H.D.; LEMONS, R.W. Effect of nicosulfuron on johnsongrass (*Sorghum halepense*) control and corn (*Zea mays*) performance. **Weed Technology**, Champaign, v. 9, n. 1, p. 3574-3581, 1995.

MORTON, C.A.; HARVEY, R.G. Sweet corn (*Zea mays*) hybrid tolerance to nicosulfuron. **Weed Technology**, Champaign, v. 6, n. 1, p. 91-96, 1992.

NICOLAI, M. **Desempenho da cultura de milho (*Zea mays* L.) submetida a aplicação de herbicidas pós-emergentes, em diferentes situações de manejo**, 2004. 113 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidades de São Paulo, Piracicaba, 2004.

OBRIGAWITCH, T.T.; KENYON, W.H.; KURATLE, H. Effect of application timing on rhizome johnsongrass (*Sorghum halepense*) control with DPX-V9360. **Weed Science**, Champaign, v. 38, n. 1, p. 45-49, 1990.

OLIVEIRA Jr., R.S. Seletividade de herbicidas para culturas e plantas daninhas. In: OLIVEIRA Jr., R.S.; CONSTANTIN, J. (Coord.). **Plantas daninhas e seu manejo**. Guaíba: Agropecuária, 2001. p. 291-314.

PITELLI, R.A. Interferência de plantas daninhas em culturas agrícolas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 11, n. 129, p. 16-27, 1985.

SANINT, L.R. Evolución tecnológica, perspectivas futuras y situación mundial del arroz. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 22., 1997, Camboriú. **Palestras...** Itajaí: EPAGRI, 1997. p. 7-30.

SOUZA, P.R. de, FISHER, M.N. Arroz vermelho: danos causados à lavoura gaúcha. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 39, n. 368, p. 19-20. 1986.

STEELE, G.L.; CHANDLER, J.M.; MCCAULEY, G.N. Control of red rice (*Oryza sativa*) in imidazolinona-tolerant rice (*Oryza sativa*). **Weed Technology**, Lawrence, v. 16, n. 3, p. 627-630, 2002.

SWEETSER, P.B.; SCHOW, G.S.; HUTCHENSON, J.M. Metabolism of chlorsulfuron by plants: biological basis for selectivity of a new herbicide for cereals. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, San Diego, v. 18, n. 1, p. 18-23, 1982.

WEBSTER, E.P.; MASSON, J.A. Acetolactate synthaseinhibiting herbicides on imidazolinona-tolerant rice. **Weed Science**, Lawrence, v. 49, n. 5, p. 652-657, 2001.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Importância econômica da cultura de milho e perdas provocadas pelas plantas daninhas

A cultura do milho (*Zea mays* L.) é uma das principais cultivadas no mundo, fornecendo produtos amplamente utilizados para a alimentação humana e de animais e matérias-primas para a indústria, notadamente em função da quantidade e da natureza das reservas acumuladas nos grãos (BASTOS, 1987; CAVALCANTI, 1987; ANDRADE, 2000; FANCELLI; DOURADO NETO, 2000, 2001).

A cultura do milho representa importante papel sócio-econômico, encontra-se em posições de destaque no que se refere ao valor da produção agropecuária, área plantada e volume produzido, em especial nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil. Entretanto, apesar da evolução gradativa ocorrida nas quantidades produzidas nos últimos anos, a produção de grãos por unidade de área ainda não expressa o potencial genético dos materiais (ANDRADE, 2000; FANCELLI; DOURADO NETO, 2000, 2001).

Desta forma, em função dos diferentes níveis tecnológicos empregados nesta cultura e da diversidade de condições edafoclimáticas encontradas no Brasil, os rendimentos médios de grãos têm sido relativamente baixos nos últimos anos (FERREIRA, 1996). Dentre os fatores bióticos responsáveis pela redução de rendimento da cultura do milho encontram-se as interferências negativas causadas pela infestação de plantas daninhas, que podem afetar a produção, em função, principalmente, da competição por água, nutrientes, luz e possíveis efeitos alelopáticos, bem como por serem hospedeiras de pragas, agentes causadores de doenças e nematóides, dificultar a operação de colheita ou mesmo depreciar a qualidade final do produto (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000).

Segundo Rajcan e Swanton, (2001) as plantas de milho apresentam elevada capacidade em absorver e utilizar água e nutrientes, além de possuírem elevada capacidade de utilização de radiação solar. Todavia, a presença de plantas daninhas desde a fase inicial de desenvolvimento da cultura pode acarretar perdas.

2.1.1 Interferência das Plantas Daninhas

Um dos principais problemas da cultura do milho é a competição com as plantas daninhas por água, luz e nutrientes. Podem dificultar a operação de colheita e afetar a qualidade do produto final, também podem ser hospedeiros intermediários de patógenos, insetos e nematóides e em consequência ocorre redução de produtividade de grãos (BALBINOT JUNIOR; FLECK, 2005; RAJCAN; SWANTON, 2001).

A redução do rendimento de produção na cultura de milho, devido à competição estabelecida com as plantas daninhas, pode alcançar até 70% da produtividade potencial, variando em função da espécie e do grau de infestação das plantas daninhas, do tipo de solo, das condições climáticas predominantes no período, bem como do espaçamento, variedade e do estágio fenológico da cultura em relação a convivência das plantas daninhas (FANCELLI; DOURADO-NETO, 2000). Segundo Ford e Pleasant (1994), a redução média de produtividade de grãos em seis genótipos de milho, sob interferência com plantas daninhas, foi de 70% em relação ao tratamento sem a presença das mesmas.

2.1.2 Métodos de Controle de Plantas Daninhas

A cultura de milho é considerada bastante eficiente no processo de competição com as plantas daninhas, desta forma se a competição inicial no processo de implantação da cultura for evitada através de práticas agronômicas a cultura não sofre interferência negativa, permitindo um rápido desenvolvimento inicial da cultura em relação às plantas daninhas. Com isso, as folhas do milho funcionam como uma barreira física impedindo o desenvolvimento da comunidade infestante. O período crítico de competição das plantas daninhas com a cultura de milho ocorre dos 15 aos 50 dias após a semeadura ou desde a emergência até o pendoamento (PEIXOTO; RAMOS, 2002). Neste período deve-se manter a cultura livre de níveis elevados de infestação de plantas daninhas.

Para se definir o método adequado de controle de plantas daninhas é levado em consideração alguns aspectos como: período crítico de interferência das plantas daninhas na cultura, a espécie cultivada no ano anterior, tipo de planta daninha

freqüente na região, condições climáticas, tamanho da propriedade e seu relevo, nível técnico do produtor, a disponibilidade e o custo da mão-de-obra na região. De modo geral, há várias alternativas de controle das plantas daninhas, entre elas o método de controle cultural, o qual utiliza medidas e procedimentos objetivando a prevenção de infestação e disseminação das plantas daninhas; o mecânico, que utiliza a capina manual ou cultivo mecânico com a utilização de cultivadores, tracionados por animais ou tratores, e o químico, que é representado pelo uso de herbicidas, sendo o método de controle de plantas daninhas mais empregado (FANCELLI; DOURADO-NETO, 2000).

2.1.2.1 Controle químico de plantas daninhas

No mundo, o método de controle de plantas daninhas mais amplamente utilizado na cultura do milho é o químico, possibilitando a obtenção de elevadas produtividades (RADOSEVICH; HOLT; GHERSA, 1997).

O controle químico das plantas daninhas nas lavouras de milho pode ser feito através de herbicidas aplicados em condições de pré-plantio (ou pré-semeadura), pré-emergência ou pós-emergência. Os primeiros devem ser aplicados antes da semeadura da cultura e são apenas recomendados para sistemas convencionais de produção, os pré-emergentes devem ser aplicados após a semeadura da cultura e antes da emergência das espécies de plantas daninhas e os de pós-emergência são aqueles ministrados após a emergência da cultura e das plantas daninhas (LÓPEZ-OVEJERO, 2000).

Diversos são os herbicidas e/ou misturas recomendados para o controle de plantas daninhas na cultura de milho, sendo a maioria aplicada em condições de pré-emergência das plantas daninhas e da cultura (SILVA; MELHORANÇA, 1991). Contudo, com o incremento da área de milho cultivada pelo sistema de semeadura direta, surgiu a necessidade do desenvolvimento de novos herbicidas recomendados em pós-emergência (PINTO; ALMEIDA; HASSMAN, 1993). Para Christoffoleti e Mendonça (2001), os programas de manejo de plantas daninhas na cultura de milho que utilizam herbicidas pós-emergentes têm aumentado bastante nos últimos anos.

Produtos recomendados para esta modalidade de aplicação devem possuir certas características importantes, como uma alta seletividade à cultura e rápida ação no controle das plantas daninhas. A seletividade dos herbicidas deste grupo às plantas de milho e o estágio de aplicação nas plantas daninhas, são fundamentais neste tipo de aplicação, que ainda é pouco divulgada (FANCELLI et al., 1998).

Uma relação dos herbicidas a serem utilizados na cultura do milho em pós-emergência é apresentada por: Cruz et al. (1996), Fancelli e Dourado Neto (2000), Peixoto e Ramos (2002), entre outros. Uma opção é o nicosulfuron, no entanto em algumas circunstâncias este herbicida pode provocar fitotoxicidade na cultura do milho, a qual depende do híbrido ou cultivar, da época de aplicação, e das condições ambientais. No caso do híbrido ou da cultivar, anualmente algumas empresas indicam os híbridos que não são sensíveis a esse herbicida (MORTON; HARVEY, 1992; GUBBIGA et al., 1995).

2.1.3 Seletividade de herbicidas

A seletividade do herbicida é a base para o sucesso do controle químico de plantas daninhas na produção agrícola. Para Anderson (1993), a seletividade de um herbicida é a capacidade agrônômica de matar ou inibir o crescimento de algumas plantas sem injuriar outras. A seletividade também pode ser definida como o uso de um herbicida ou uma mistura deles, para um controle satisfatório de determinadas plantas daninhas sem danificar a cultura (OLIVEIRA, 2001; VELINI et al., 2000).

A seletividade dos herbicidas ocorre devido aos seguintes fatores: posicionamento do herbicida no tempo e no espaço; dosagem e formulação; metabolismo diferencial entre cultura e planta daninha; diferenças anatômicas entre cultura e plantas daninhas; resistência no local de ação; uso de protetores de culturas; fatores internos da planta que não metabólicos, diferenças entre as plantas daninhas e culturas nos diferentes estádios fenológicos, aplicação de substâncias adsorventes, cultivar, tamanho da semente e engenharia genética (VIDAL, 1997; OLIVEIRA, 2001).

É considerada como uma medida da resposta diferencial de diversas espécies de plantas a um determinado herbicida. Quanto maior a diferença de tolerância entre a cultura e a planta daninha, maior a segurança de aplicação. É um fator relativo e

particularmente característico para uma determinada interação herbicida – planta daninha – cultura – condições edafoclimáticas (OLIVEIRA JR., 2001b).

Dentre os fatores que determinam a seletividade encontram-se: i) fatores relacionados às características do herbicida ou ao método de aplicação como dose, formulação, localização espacial ou temporal do herbicida em relação à planta; ii) fatores relacionados às características das plantas como seletividade associada à retenção e à absorção diferencial (idade das plantas, cultivar, tamanho da semente ou estrutura de propagação vegetativa); seletividade associada a translocação diferencial e; seletividade associada ao metabolismo diferencial (detoxificação); iii) antídotos (OLIVEIRA JR., 2001b; NICOLAI, 2004).

Assim, o herbicida a ser empregado deve ser preferencialmente seletivo para a cultura não causando injúrias às plantas de milho, tanto à parte aérea quanto ao sistema radicular, visto que inúmeras condições de uso podem causar distintos efeitos fitotóxicos. Por essa razão, é fundamental a avaliação, em condições de campo, da influência dos principais herbicidas aplicados em pré e pós-emergência sobre o desempenho da cultura de milho, independente da sua eficácia no controle de plantas daninhas. Para isso, é de fundamental importância conhecer a fenologia da cultura e os momentos de definição do potencial de produção (NICOLAI, 2004).

Sendo assim, para a cultura do milho o rendimento de grãos depende da população, prolificidade, número médio de fileiras de grãos por espiga, número médio de grãos por fileira e da massa média por unidade de grão (ou semente). A população e prolificidade devem ser otimizadas considerando-se a arquitetura da planta, condições edafoclimáticas e tecnologia empregada. Por ocasião da plena expansão da quarta a sexta folha, o meristema apical finaliza sua fase vegetativa e inicia seu processo de diferenciação floral, o qual origina os primórdios das espigas e da panícula, culminando na definição do potencial de produção da planta (FANCELLI; DOURADO-NETO, 1997a).

Após o início da diferenciação da panícula, quando a planta se encontra com sete a nove folhas definitivas e plenamente expandidas, começa o processo de diferenciação floral da gema que dará origem à espiga; sendo que, logo após esta diferenciação, rapidamente (8 e 12 folhas), a planta determina o número de fileiras por espiga e o número de grãos por fileira que comporão a futura espiga (ANDRADE et al., 1996). O

número médio de grãos por fileira é afetado pelo tamanho da espiga, a qual é definida a partir das 12 folhas até o florescimento da planta. A massa média por unidade de grão ou semente é notadamente afetada a partir do estágio fenológico 6 (grãos leitosos), principalmente pela disponibilidade de água (FANCELLI; DOURADO-NETO, 1997a).

Sendo assim, o número de grãos por unidade de área constitui-se num dos mais importantes componentes determinantes do rendimento, o qual é influenciado por eventos ocorridos entre a emissão da 4ª e da 10ª folhas definitivas da planta, além daqueles evidenciados no florescimento (fecundação) (FANCELLI; DOURADO-NETO, 1997b). Esses conhecimentos são muito importantes, principalmente quando o controle de plantas daninhas vai ser realizado com herbicidas aplicados na pós-emergência. Alguns autores observaram sensíveis reduções de rendimento em lavouras de milho provocadas por grande parte dos herbicidas recomendados para a cultura, principalmente quando os mesmos foram aplicados após a emissão da sexta ou sétima folhas.

2.1.3.1 Seletividade de herbicidas aplicados em pós-emergência

Até 1995 só existiam herbicidas recomendados para condições de pré-plantio incorporado e para pré-emergência visando o controle de plantas daninhas na cultura de milho e limitando, de certa forma, a adoção do plantio direto pelo agricultor (SILVA; MELHORANÇA, 1991). Para a resolução desse problema surgiu a necessidade do desenvolvimento de novos herbicidas recomendados em pós-emergência (FRANCO, 2003).

Entre os principais herbicidas pós-emergentes utilizados atualmente na cultura do milho destaca-se o nicosulfuron, do grupo químico das sulfoniluréias. Os herbicidas deste grupo inibem a acetolactato sintase (ALS), a primeira enzima comum à rota de biossíntese dos aminoácidos de cadeia ramificada, valina, leucina e isoleucina, em plantas e microrganismos (ASHTON; MONACO, 1991; ANDERSON et al., 1998).

A seletividade dos herbicidas sulfoniluréias para as culturas baseia-se nas diferentes taxas de metabolização dos mesmos pelas plantas (SWEETSER; SCHOW; HUTCHENSON, 1982; OBRIGAWITCH; KENYON; KURATLE, 1990; CAREY; PENNER;

KELLS, 1997) e nas velocidades de absorção e translocação nos vegetais. Espécies tolerantes detoxificam rapidamente estes herbicidas, transformando-os em compostos não fitotóxicos pela ação do citocromo P450 monoxigenase, em reações de hidroxilação e glioxilação (FONNE-PFISTER et al., 1990). Plantas de milho metabolizaram 90% do nicosulfuron absorvido pelas folhas, enquanto plantas de *Sorghum halepense* não metabolizaram o herbicida (OBRIGAWITCH; KENYON; KURATLE, 1990). Plantas de trigo metabolizaram 97% do chlorsulfuron absorvido, enquanto plantas de beterraba metabolizaram apenas 5% desse herbicida (SWEETSER; SCHOW; HUTCHENSON, 1982).

Híbridos considerados tolerantes ao nicosulfuron podem apresentar sensibilidade diferencial, dependendo do estágio de desenvolvimento da planta, do ambiente e da dose utilizada (MORTON; HARVEY, 1992; SIEGELIN, 1993; GUBBIGA et al., 1995). Na maioria dos híbridos, a tolerância é mais acentuada nos estádios iniciais de desenvolvimento. Com duas a três folhas expandidas (estádios de desenvolvimento V_2 e V_3), o milho mostra-se mais tolerante ao nicosulfuron do que nos estádios V_6 a V_8 (McMULLAN; BLACKSHAW, 1995). Da mesma forma, nicosulfuron, aplicado na dose de 75 g. ha^{-1} em milho nos estádios de desenvolvimento V_3 a V_5 , não reduziu o rendimento de grãos (SIEGELIN, 1993). Entretanto, quando aplicado em plantas nos estádios V_6 a V_9 , o rendimento de grãos da cultura foi reduzido com apenas 19 g. ha^{-1} do herbicida (SIEGELIN, 1993; SWANTON; CHANDLER; ELMES, 1996).

Plantas de milho doce submetidas ao tratamento com 50 g. ha^{-1} de nicosulfuron nos estádios de desenvolvimento V_5 a V_7 apresentaram severos sintomas de injúria, enquanto aquelas tratadas com 25 g ha^{-1} , nas mesmas épocas, foram pouco afetadas pelo herbicida (SULLIVAN; BOUW, 1997). O híbrido de milho Cargil 505 não apresentou redução do rendimento de grãos quando pulverizado com nicosulfuron em doses variando entre 40 e 80 g ha^{-1} nos estádios de desenvolvimento V_5 a V_7 (FAHL; CARELLI, 1997).

2.2 Importância econômica da cultura do arroz e perdas provocadas pelas plantas daninhas

O Brasil é o maior produtor não-asiático e figura entre os dez principais produtores mundiais de arroz, com 1,9% do total mundial. O maior produtor mundial de arroz é a China, o segundo é a Índia e o terceiro, a Indonésia. Estes países em conjunto têm produzido mais de 60% da produção mundial desse produto (ESTADOS UNIDOS, 2009).

A principal região produtora de arroz no Brasil é a região Sul, produzindo mais da metade do arroz nacional, com principal destaque ao estado do Rio Grande do Sul. A segunda maior região produtora é o Centro-oeste, com destaque para o Mato Grosso. Somadas estas regiões têm correspondido à cerca de 80% da produção nacional de arroz e estes estados a mais de 60% da produção nacional (BRAGAGNOLO, 2006).

A cultura do arroz irrigado assume grande importância no Rio Grande do Sul (RS), pois são cultivados aproximadamente 1,1 milhão de ha, sendo o Estado responsável por 42,33% da produção nacional. A produtividade média de grãos obtida na última década no RS foi de $6,0 \text{ t ha}^{-1}$, quase o dobro da média nacional (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2009).

No entanto, a produtividade das lavouras de arroz irrigado (*Oryza sativa* sp.) ainda está aquém do potencial dos cultivares devido a uso de sementes de baixa qualidade, semeadura fora da época recomendada, manejo inadequado do solo e da água, adubação insuficiente e, principalmente, controle deficiente de plantas daninhas. Dentre as espécies daninhas que infestam as áreas de produção destaca-se o arroz-vermelho (*Oryza* sp.), em razão das dificuldades existentes para efetuar seu controle (SOUZA; FISCHER, 1986; FONTANA et al., 2007).

2. 2.1 Problemática do arroz-vermelho

O arroz-vermelho é considerado uma das mais importantes plantas daninhas em áreas produtoras de arroz no mundo (ELEFTHEROHORINOS; DHIMA, 2002). As populações de arroz-vermelho são bastante variáveis com relação às características das

plantas e das sementes, sendo utilizadas para diferenciar os biótipos. Assim, os biótipos que apresentam sementes com cariopse de cor palha, marrom ou amarelada são chamados de arroz-vermelho, enquanto os biótipos cujas sementes apresentam cariopse de cor escura ou preta são conhecidos como arroz-preto (NOLDIN; CHANDLER; McCAULEY, 1999a).

Tem sido tradicionalmente classificado como pertencente à mesma espécie do arroz cultivado, devido à semelhança existente nas características morfológicas. Entretanto, estudos utilizando marcadores de DNA mostraram que essa espécie daninha é, na verdade, constituída de espécies do gênero *Oryza*, como *O. rufipogon* e *O. nivara*, e subespécies como *O. sativa* ssp. *indicae* e *O. sativa* ssp. *japonica* (VAUGHAN et al., 2001).

O arroz-vermelho compete com o arroz cultivado especialmente por luz, podendo também competir por água e nutrientes se estes recursos forem escassos (AGOSTINETTO et al., 2001). Suas características morfológicas, como maior estatura, normalmente conferem a essa planta daninha maior habilidade competitiva (DIARRA; SMITH JUNIOR; TALBET, 1985). Além disso, as sementes de arroz-vermelho podem permanecer viáveis no solo por longo período de tempo, tornando difícil sua erradicação (NOLDIN et al., 2004; NOLDIN; CHANDLER; McCAULEY, 2006).

2.2.2 Redução no potencial de rendimento do arroz cultivado

A infestação de arroz vermelho é citada com freqüência como responsável pela redução do potencial de rendimento do arroz cultivado em várias regiões do mundo, inclusive no Rio Grande do Sul. Sua mistura com arroz cultivado pode reduzir o preço de comercialização e aumentar os custos de produção, devido ao custo das práticas adicionais de controle adotadas pelo produtor.

De acordo com Smith Junior (1988), 20 plantas de arroz vermelho m^{-2} reduziram em 10, 20, 50 e 68% o rendimento de grãos da cultivar de arroz Newbonnet cultivada em densidade de 215 plantas m^{-2} , respectivamente com 46, 65, 103 e 120 dias de interferência. Pesquisa realizada por Fischer e Ramirez (1993) constataram reduções no rendimento de 40 e 60%, respectivamente, para populações de 5 e 20 plantas de arroz

vermelho m^{-2} . A presença de plantas de arroz vermelho que formaram 5, 55, 85 e 170 panículas m^{-2} reduziu o rendimento de grãos em 12, 19, 36 e 50% para a cultivar BRIRGA 409 e em 8, 20, 35 e 49%, para a cultivar BRIRGA 410, respectivamente (SOUZA; FISCHER, 1986). Em média, a presença de uma planta de arroz vermelho m^{-2} reduz em 2,1% o rendimento de grãos do arroz cultivado (DIARRA; SMITH JUNIOR; TALBET, 1985; PANTONE; BAKER, 1991).

Um estudo conduzido durante quatro anos (PANTONE; BAKER, 1991), comprovou que o arroz vermelho possui maior habilidade competitiva que a cultivar Mars, sendo dominante na comunidade. Os autores observaram que populações de arroz vermelho de 4, 16, 25 e 300 plantas m^{-2} reduziram o rendimento da cultivar em 20, 43, 57 e 91%, respectivamente. A presença de uma única planta de arroz vermelho causou redução no rendimento de cada planta da cultivar equivalente à presença de quatro plantas da própria cultivar, demonstrando assim a maior competitividade do arroz vermelho. Dessa forma, verifica-se que o grau de interferência exercido pelo arroz vermelho varia com o nível de infestação, condições edafoclimáticas, características da cultivar, período de convivência e biótipo encontrado na área (PANTONE; BAKER, 1991).

Segundo Ottis et al. (2005), a produtividade de cultivares de arroz foi reduzida com o aumento da população de arroz-vermelho, com perda de 755 kg ha^{-1} para cada planta m^{-2} . No Rio Grande do Sul, estimativas mostram perdas correspondentes a 20% da produção de arroz em decorrência da competição com o arroz vermelho (GOMES; MAGALHÃES, 2004).

2.2.3 Controle químico de plantas daninhas

Botanicamente, o arroz vermelho (*Oryza sativa* L.) pertence à mesma espécie do arroz cultivado (FISCHER; RAMIREZ, 1993). A similaridade existente entre o arroz-vermelho e o arroz cultivado, até recentemente, impedia o controle seletivo desta planta daninha com herbicidas. O controle químico, embora eficiente, causava grande fitotoxicidade ao arroz cultivado (NOLDIN; CHANDLER; McCAULEY, 1999b).

O manejo de arroz-vermelho era realizado com outros métodos, como uso de sementes de arroz isentas de arroz-vermelho, arranque manual, uso de sementes pré-germinadas, preparo antecipado do solo com semeadura direta e emprego da rotação de culturas (AGOSTINETTO et al., 2001).

Após décadas de busca por opções para controle de arroz-vermelho, desenvolveram-se genótipos de arroz tolerantes aos herbicidas do grupo químico das imidazolinonas, inibidores da ALS, o que possibilitou o controle do arroz-vermelho de forma seletiva à cultura (STEELE; CHANDLER; MCCAULEY et al., 2002). A variabilidade para esse caráter foi obtida por mutação induzida através da utilização de mutagênico químico (CROUGHAN et al., 1996).

2.2.4 Seletividade de herbicidas

2.2.4.1 Sistema Clearfield®

Essa nova tecnologia que associa cultivares de arroz tolerante a herbicidas não-seletivos ao arroz constitui-se numa estratégia eficiente para controle de arroz-vermelho (STEELE; CHANDLER; MCCAULEY, 2002; OTTIS; CHANDLER; MCCAULEY, 2003; LEVY et al., 2006; VILLA et al., 2006), sendo difundida através do sistema denominado Clearfield®.

Neste sistema é utilizado o herbicida Only®, o qual é constituído da mistura formulada dos herbicidas imazethapyr (75 g L^{-1}) e imazapic (25 g L^{-1}), aplicado em pós-emergência para controle de arroz-vermelho (SOSBAI, 2005). Na planta, sua absorção é tanto radicular como foliar, sendo translocado pelo xilema e floema, acumulando-se nos pontos de crescimento. Os herbicidas imazethapyr + imazapic pertencem ao grupo químico das imidazolinonas, e seu mecanismo de ação é a inibição da acetolactato sintase (ALS) – primeira enzima da rota de síntese dos aminoácidos de cadeia ramificada, valina, leucina e isoleucina. Essa inibição interrompe a síntese protéica, que, por sua vez, interfere na síntese de DNA e no crescimento celular (TREZZI; VIDAL, 2001). Os sintomas das plantas sob efeito dos herbicidas inibidores da ALS incluem

paralisação do crescimento, amarelecimento dos meristemas e redução no crescimento das raízes (VARGAS et al., 1999).

O primeiro cultivar de arroz irrigado disponibilizado comercialmente para o sistema Clearfield® no Brasil foi o IRGA 422CL. Este cultivar apresenta como característica principal a tolerância ao herbicida Only® e foi obtido por meio do retrocruzamento do cultivar IRGA 417 com a linhagem tolerante às imidazolinonas (LOPES, 2003). O cultivar IRGA 417, utilizado como genitor recorrente, destaca-se pela produtividade, qualidade de grão e boa adaptabilidade a todas as regiões orizícolas do Rio Grande do Sul (SOSBAI, 2005). Atualmente, encontram-se registradas para o Brasil, as cultivares mutadas (CL – Clearfield) IRGA 422 CL, Puitá CL INTA, SCS 115 CL e Tuno CL com tolerância a mistura formulada dos herbicidas imazethapyr + imazapic.

No entanto, há relatos de que o arroz cultivado tolerante aos herbicidas imazethapyr + imazapic possui também tolerância a vários outros herbicidas inibidores da ALS, como imazaquin, imazapyr, nicosulfuron, pyriithiobac e triasulfuron (WEBSTER; MASSON, 2001). Dentre esses, nicosulfuron, imazaquin e imazapyr demonstraram ser seletivos ao arroz mutado e eficientes no controle de plantas daninhas.

Assim, de modo semelhante ao herbicida imazethapyr + imazapic, utilizado no controle de arroz-vermelho, é possível que outros inibidores da ALS, como o nicosulfuron, também apresente eficiência no controle dessa planta daninha.

2.3 Sulfoniluréias

Segundo Christoffoleti (1997), os herbicidas inibidores da ALS ou acetohidroxiácido sintase (AHAS) pertencem a diversos grupos químicos, dentre eles as sulfoniluréias, imidazolinonas, triazolopirimidinas e pirimidiloxitiobenzoatos. Estes herbicidas apresentam como mecanismo de ação a inibição da síntese dos aminoácidos alifáticos de cadeia lateral: valina, leucina e isoleucina (TREZZI; VIDAL, 2001). A via biossintética desses três aminoácidos apresenta em comum o uso de uma enzima chamada ALS, que participa na fase inicial do processo metabólico, catalisando uma reação de condensação (CHRISTOFFOLETI; MENDONÇA, 2001). Os herbicidas inibidores da ALS impedem que esta reação de condensação aconteça, provocando,

como consequência, o bloqueio da produção dos aminoácidos alifáticos de cadeia lateral. Quando o herbicida encontra-se presente dentro da célula de uma planta susceptível, ocorre uma inibição não competitiva pelo herbicida com o substrato, de tal maneira que não ocorre a formação do acetolactato, indispensável para que as demais reações prossigam resultando na formação dos aminoácidos. A paralização na síntese dos aminoácidos leva a uma interrupção na divisão celular e paralização do crescimento. A morte das plantas daninhas ocorre dentro de 7 a 21 dias, dependendo do estágio de desenvolvimento na época da aplicação (TREZZI; VIDAL, 2001).

A seletividade das sulfoniluréias para as plantas é conferida pelas diferentes taxas de metabolização e pela velocidade de absorção e translocação. Espécies tolerantes metabolizam rapidamente estes herbicidas, transformando em formas inativas por meio do sistema citocromo P450 monooxigenase, em reações de hidroxilação e glicosilação (FONNE-PFISTER et al., 1990). Dos herbicidas deste grupo químico, o nicosulfuron é utilizado principalmente em aplicações em condições de pós-emergência, com enfoque no controle de gramíneas e algumas espécies dicotiledôneas (RODRIGUES; ALMEIDA, 2005).

Com a entrada do nicosulfuron no mercado brasileiro, pertencente ao grupo das sulfoniluréias, foi facilitado o controle de plantas daninhas em pós-emergência da cultura do milho, especialmente as do grupo das folhas estreitas (FRANCO, 2003). Esse grupo de herbicidas permite maior flexibilidade e eficácia no controle de plantas daninhas em doses relativamente baixas, possui baixa toxicidade para mamíferos e boa seletividade para culturas de importância econômica (OLIVEIRA JR., 2001a). Estes compostos são rapidamente absorvidos pelas folhas e translocados via apoplasto e simplasto para a raiz e pontos de crescimento, principalmente para as áreas meristemáticas. São efetivos em plantas daninhas anuais de crescimento rápido.

Para melhor utilização deste grupo de herbicidas, certos ajustes devem ser efetuados visando à correção de algumas falhas que os mesmos têm apresentado, como: i) consultar lista de híbridos e variedades recomendadas para tratamento com o herbicida; ii) dose para cada híbrido ou variedade; iii) aplicação entre 2 a 6 folhas; iv) não deve ser misturado com inseticidas organofosforados; v) observar o intervalo de 7

dias entre as adubações de cobertura nitrogenada e a aplicação do herbicida (NICOLAI, 2004).

No caso específico das sulfoniluréias, a seletividade esta associada ao metabolismo diferencial. As sulfoniluréias são seletivas por sofrerem desativação metabólica por hidrólise, ou seja, é a conversão rápida a compostos inativos nas culturas tolerantes, ao passo que pouco ou nenhum metabolismo pode ser medido em plantas sensíveis (CAREY; PENNER; KELLS, 1997; OLIVEIRA JR., 2001b). Para Skora Neto (2002), espécies vegetais com tolerância a um determinado herbicida baseada na metabolização da molécula pelas plantas podem apresentar biótipos com diferentes níveis de tolerância ao produto.

2.3.1 Herbicida nicosulfuron

O nicosulfuron é um herbicida seletivo utilizado na cultura do milho, de ação sistêmica, aplicado em pós-emergência e recomendado para controlar várias espécies (ANDREI, 2005), como gramíneas anuais e algumas perenes, bem como certas daninhas de folhas largas, sendo recomendado de 1,25 a 1,5 L. ha⁻¹ do produto comercial, que contém 40 g do ingrediente ativo (nicosulfuron) por litro do produto comercial. Pode ser aplicado em área total, em dose única ou seqüencial, isolados ou em mistura com atrazina. O ingrediente ativo apresenta solubilidade em água de 360 ppm a 25°C e Koc médio de 30ml g⁻¹ e uma meia vida curta, de apenas 21 dias (RODRIGUES; ALMEIDA, 2005).

Plantas susceptíveis a este herbicida têm seu crescimento inibido em poucas horas, mas os sintomas de injúrias têm surgido de uma a duas semanas após a aplicação. Os sintomas aparecem inicialmente nas folhas novas e caracterizam-se por manchas estriadas de clorose com um ligeiro enrugamento nas bordas das mesmas, seguindo-se de uma clorose e necrose foliar geral. A seletividade ocorre porque o milho tem capacidade de metabolizar o nicosulfuron em compostos não ativos (TREZZI; VIDAL, 2001; VARGAS et al., 1999).

A metabolização do ingrediente ativo pelas plantas e a velocidade de absorção e translocação é a base de seletividade de herbicidas do grupo das sulfoniluréias a cereais (SWEETSER; SCHOW; HUTCHENSON, 1982). Como o nicosulfuron é aplicado

em baixas doses, sua toxicidade para mamíferos é baixa, pequeno poder residual e não havendo acúmulo no solo (LEBOULANGER et al., 2001).

Apesar de ser recomendado para a cultura do milho, o nicosulfuron pode causar em alguns cultivares, certa fitotoxicidade em níveis inaceitáveis, dependendo do estágio de desenvolvimento da planta, do ambiente e da dose utilizada, por isso antes da utilização desses produtos numa determinada cultivar é preciso que tenha feito testes de fitotoxicidade, para se determinar se esta cultivar é sensível ao herbicida. Contudo, mesmo para os cultivares recomendados, o uso do nicosulfuron deve ser evitado quando o milho estiver fora do estágio de aplicação, em condições de estresse por deficiência hídrica ou nutricional e, quando houver danos causados por ataque de pragas, doenças ou nematóides (GUBBIGA et al., 1995).

Referências

AGOSTINETTO, D.; FLECK, N.G.; RIZZARDI, M.A.; MEROTTO JUNIOR, A.; VIDAL, R.A. Arroz vermelho: ecofisiologia e manejo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 2, p. 341-349, 2001.

ANDERSON, D.D.; NISSEN, S.J.; MARTIN, A.R.; ROETH, F.W. Mechanism of primisulfuron resistance in a shattercane (*Sorghum bicolor*) biotype. **Weed Science**, Lawrence, v. 46, n. 1, p. 158-162, 1998.

ANDERSON, W.P. **Weed science principles**. Minnesota: West Publ., 1993. 655 p.

ANDRADE, F.; CIRILO, A.; UHART, S.; OTEGUI, M. **Ecofisiologia del cultivo de maíz**. Balcarce: La Barrosa, 1996. 292 p.

ANDRADE, R.V. Importância e uso de banco de germoplasma para o melhoramento genético vegetal – milho. In: UDRY, C.V.; DUARTE, W. **Uma história brasileira do milho: o valor dos recursos genéticos**. Brasília: Paralelo 15, 2000. p. 79-84.

ANDREI, E. **Compêndio de defensivos agrícolas**. 7. ed. São Paulo: Andrei, 2005. 1142 p.

ASHTON, F.M.; MONACO, T.D. **Weed science: principles and practices**. 3rd ed. New York: John Wiley, 1991. 272 p.

BALBINOT JUNIOR, A.A.; FLECK, N.G. Manejo de plantas daninhas na cultura de milho em função do arranjo espacial de plantas e características dos genótipos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 1, p. 245-252, 2005.

BASTOS, E. **Guia para o cultivo do milho**. São Paulo: Editor Ícone, 1987. 190 p. (Coleção Brasil Agrícola).

BRAGAGNOLO, C. **Análise do armazenamento de arroz no Brasil sob condições de incerteza através de um modelo dinâmico de expectativas racionais**. 2006. 138 p. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

CAREY, J.B.; PENNER, D.; KELLS, J.J. Physiological basis for Nicosulfuron and primisulfuron selectivity in five plant species. **Weed Science**, Lawrence, v.45, n. 1, p. 22-30, 1997.

CAVALCANTI, G.S. **Cultura de milho**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola. 1987. 38 p.

CHRISTOFFOLETI, P.J. Resistência de plantas daninhas aos herbicidas. In: SIMPÓSIO SOBRE HERBICIDAS E PLANTAS DANINHAS, 1., 1997, Dourados. **Anais...** Dourados: EMBRAPA, 1997. p. 75-94.

CHRISTOFFOLETI, P.J.; MENDONÇA, C.G. Controle de plantas daninhas na cultura de milho: enfoque atual. In: FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. **Milho: tecnologia e produtividade**. Piracicaba: ESALQ, LPV, 2001. p. 60-95.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Arroz - Brasil**. Série histórica de: área, produtividade e produção. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 05 jan. 2009.

CROUGHAN, T.P.; UTOMO, H.S.; SANDERS, D.E.; BRAVERMAN, M.P. Herbicide-resistant rice offers potential solution to red rice problem. **Louisiana Agriculture**, Louisiana, v. 39, n. 4, p. 10-12, 1996

CRUZ, J.C.; MONTEIRO, J.A.; SANTANA, D.P.; GARCIA, J.C.; CASTRO BAHIA, F.G.F.T.; SANS, L.M.A.; PEREIRA FILHO, I.A. **Recomendações técnicas para o cultivo do milho**. 2. ed. Brasília: EMBRAPA, SPI, 1996. 204 p.

DIARRA, A.; SMITH JUNIOR, R.J.; TALBERT, R.E. Growth and morphological characteristics of red rice (*Oryza sativa*) biotypes. **Weed Science**, Champaign, v. 33, n. 3, p. 310-314, 1985.

ELEFTHEROHORINOS, I.L.; DHIMA, K.V. Red rice (*Oryza sativa*) control in rice (*O. sativa*) with preemergence and postemergence herbicides. **Weed Technology**, Lawrence, v. 16, n. 3, p. 537-540, 2002.

ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. Foreign Agriculture Service. Disponível em: <http://www.agcensus.usda.gov/>. Acesso em: 22 jan. 2009.

FAHL, J.L.; CARELLI, M.L. Eficiência do nicosulfuron no controle de capim massambará na cultura do milho. **Planta Daninha**, Botucatu, v. 15, n. 1, p. 46-52, 1997.

FANCELLI, A.L.; DOURADO-NETO, D. Fenologia do milho. In: _____. (Coord.). **Tecnologia da produção de milho**. Piracicaba: Publique, 1997a. p. 131-140.

_____. Milho: ecofisiologia e rendimento. In: _____. (Coord.). **Tecnologia da produção de milho**. Piracicaba: Publique, 1997b. p. 157-170.

_____. **Produção de Milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360 p.

_____. **Milho: tecnologia e produtividade**. Piracicaba: ESALQ, LPV, 2001. 259 p.

FANCELLI, A.L.; OVEJERO, R.F.; DOURADO-NETO, D.; VOCURCA, H. Influência do uso de herbicidas no rendimento e nos componentes de produção de milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 22., Recife, 1998. **Resumos...** Recife: Idéia, 1998. p. 245.

FERREIRA, A.M. **Efeitos de adubos verdes nos componentes de produção de diferentes cultivares de milho**. 1996. 70 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1996.

FISCHER, A.J.; RAMIREZ, A. Mixed weed infestations prediction of crop losses for economic weed management in rice. **International Journal of Pest Management**, London, v. 39, n. 3, p. 354-357, 1993.

FONNE-PFISTER, R.; GAUDIN, J.; KREUZ, K.; RAMSTEINER, K.; EBERT, E. Hydroxylation of primisulfuron by inducible cytochrome P450 dependent monooxygenase system from maize. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, San Diego, v. 37, n. 1, p. 165-173, 1990.

FONTANA, L.C.; AGOSTINETTO, D.; PINTO, J.J.O.; RIGOLI, R.P.; FIGUEREDO, S.S.; ROSENTHAL, M.D. Tolerância de cultivares de arroz irrigado (*Oryza sativa*) ao herbicida nicosulfuron e à mistura formulada de imazethapyr + imazapic. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n. 4, p. 791-798, 2007

FORD, G.T.; PLEASANT, J.M. Competitive abilities of six corn (*Zea mays*) hybrids with four weed control practices. **Weed Technology**, Champaign, v. 8, n. 1, p. 124-128, 1994.

FRANCO, G.V. Controle de plantas daninhas. **Correio Agrícola**, São Paulo, n. 1, p. 6-7, jan./jun. 2003.

GOMES, A.S.; MAGALHÃES, A.M. **Arroz irrigado no sul do Brasil**. Brasília: EMBRAPA, Informações Tecnológicas, 2004. 889 p.

GUBBIGA, N.G.; WORSHAM, A.D.; COBLE, H.D. LEMONS, R.W. Effect of nicosulfuron on johnsongrass (*Sorghum halepense*) control and corn (*Zea mays*) performance. **Weed Technology**, Champaign, v. 9, n. 1, p. 3574-3581, 1995.

LEBOULANGER, C.; RIMET, F.; LACOTTE, M.H.; BÉRARD, A. Effects of atrazine and nicosulfuron on freshwater microalgae. **Environment International**, Oxford, v. 26, n. 3, p. 131-135, 2001.

LEVY, R.J. JR.; BOND, J.A.; WEBSTER, E.P.; GRIFFIN, J.L.; LINScombe, S.D. Effect of cultural practices on weed control and crop response in imidazolinone-tolerant rice. **Weed Technology**, Lawrence, v. 20, n. 1, p. 249-254, 2006.

LOPES, M.C.B. Avaliação regional de genótipos de arroz CLEARFIELD do Instituto Rio Grandense do Arroz, safra 2002/03. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 3., 2003; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 25., 2001, Camboriú. **Anais...** Itajaí: EPAGRI, 2003. p. 31-33.

LÓPEZ OVEJERO, R.F. **Desempenho da cultura de milho (*Zea mays*) submetida a diferentes herbicidas na ausência de plantas daninhas**. 2000. 46p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

McMULLAN, P.M.; BLACKSHAW, R.E. Postemergence green foxtail (*Setaria viridis*) control in corn (*Zea mays*) in Western Canada. **Weed Technology**, Champaign, v. 9, n. 1, p. 37-43, 1995.

MORTON, C.A.; HARVEY, R.G. Sweet corn (*Zea mays*) hybrid tolerance to nicosulfuron. **Weed Technology**, Champaign, v. 6, n. 1, p. 91-96, 1992.

NICOLAI, M. **Desempenho da cultura de milho (*Zea mays* L.) submetida a aplicação de herbicidas pós-emergentes em diferentes situações de manejo**, 2004. 113 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

NOLDIN, J.A.; CHANDLER, J.M.; McCAULEY, G.N. Red rice (*Oryza sativa*) biology. I. Characterization of red rice ecotypes. **Weed Technology**, Lawrence, v. 13, n. 1, p. 12-18, 1999a.

_____. Red rice (*Oryza sativa*) biology. II. Ecotype sensitive to herbicides. **Weed Technology**, Lawrence, v. 13, n. 1, p. 19-24, 1999b.

_____. Seed longevity of red rice ecotypes buried in soil. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 24, n. 4, p. 611-620, 2006.

NOLDIN, J.A.; YOKOYAMA, S.; STUKER, H.; RAMPELOTTI, F.T.; GONÇALVES, M.I.F.; EBERHARDT, D.S.; ABREU, A.; ANTUNES, P.; VIEIRA, J. Desempenho de populações híbridas F2 de arroz-vermelho (*Oryza sativa*) com arroz transgênico (*O. sativa*) resistente ao herbicida amonio-glufosinate. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 22, n. 3, p. 385-395, 2004.

OBRIGAWITCH, T.T.; KENYON, W.H.; KURATLE, H. Effect of application timing on rhizome johnsongrass (*Sorghum halepense*) control with DPX-V9360. **Weed Science**, Champign, v. 38, n. 1, p. 45-49, 1990.

OLIVEIRA, M.F. de. Mecanismos de ação de herbicidas. In: OLIVEIRA JR., R.S. de; CONSTANTIN, J. **Plantas daninhas e seu manejo**. Guaíba: Agropecuária, 2001. p. 207-260.

OLIVEIRA Jr., R.S. Mecanismos de ação de herbicidas. In: OLIVEIRA Jr., R.S. de; CONSTANTIN, J.(Coord.). **Plantas daninhas e seu manejo**. Guaíba: Agropecuária, 2001a. p.207-260.

_____. Seletividade de herbicidas para culturas e plantas daninhas. In: OLIVEIRA Jr., R.S. de; CONSTANTIN, J. (Coord.). **Plantas daninhas e seu manejo**. Guaíba: Agropecuária, 2001b. p. 291-314.

OTTIS, B.V.; CHANDLER, J.M.; McCAULEY, G.N. Imazethapyr application methods and sequences for imidazolinone-tolerant rice. **Weed Technology**, Lawrence, v. 17, n. 3, p. 526-533, 2003.

OTTIS, B.V., SMITH, K.L., SCOTT, R.C.; TALBERT, R.E. Rice yield and quality as affected by cultivar and red rice (*Oryza sativa*) density. **Weed Science**, Lawrence, v. 53, n. 4, p. 499-504, 2005.

PANTONE, D.J.; BAKER, J.B. Reciprocal yield analysis of red rice (*Oryza sativa*) competition in cultivated rice. **Weed Science**, Champaign, v. 39, n. 1, p. 42-47, 1991.

PEIXOTO, C.M.; RAMOS, A.A. Herbicidas em milho. **Cultivar**, Pelotas, v. 4, n. 42, p. 30-32, ago. 2002.

PINTO, J.J.O.; ALMEIDA, R.; HASSMANN, J.S. Avaliação do herbicida nicosulfuron aplicado em pós-emergência na cultura do milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HERBICIDAS E PLANTAS DANINHAS, 19., 1993, Londrina. **Resumos...** Londrina: IAPAR, 1993. p. 152.

RADOSEVICH, S; HOLT, J; GHERSA, C. **Weed ecology**: implications for management. 2nd ed. New York : John Wiley, 1997. 588 p.

RAJCAN, I.; SWANTON, C.J. Understanding maize-weed competition: resource competition, light quality and the whole plant. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 71, n. 2, p. 139-150, 2001.

RODRIGUES, B.N.; ALMEIDA, F.S. (Ed.). **Guia de herbicidas**. Londrina: Os autores, 2005. 592 p.

SIEGELIN, S.D. **Timing of nicosulfuron and primisulfuron applications on corn (*Zea mays* L.) ear malformation**. 1993. 61 p. Thesis (Master of Science in Weed Science) - Purdue University, West Lafayette, 1993.

SILVA, A.A.; MELHORANÇA, A.L. Controle de plantas daninhas na cultura do milho. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Milho**: informações técnicas. Dourados: UEPAE, Dourados, 1991. p. 114-127. (Circular Técnica, 20).

SKORA NETO, F. Tolerância de híbridos de milho de ciclo precoce e normal ao herbicida Nicosulfuron. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 23., Londrina, 2002. **Resumos...** Londrina: SBCPD; Embrapa Clima Temperado, 2002. p. 357.

SMITH JUNIOR, R.J. Weed thresholds in Southern U. S. rice (*Oryza sativa*). **Weed Technology**, Champaign, v. 2, n. 3, p. 232-241, 1988.

SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO. **Arroz irrigado**: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil. Santa Maria, 2005. 159 p.

SOUZA, P.R. de; FISCHER, M.M. Arroz vermelho: danos causados à lavoura gaúcha. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 39, p. 19-20, 1986.

STEELE, G.L.; CHANDLER, J.M.; McCAULEY, G.N. Control of red rice (*Oryza sativa*) in imidazolinone-tolerant rice (*Oryza sativa*). **Weed Technology**, Champaign, v. 16, n.3, p. 627-630, 2002.

SULLIVAN, J.O.; BOUW, W.J. Sensitivity of processing sweet corn (*Zea mays*) cultivars to nicosulfuron/rimsulfuron. **Canadian Journal of Plant Science**, Ontario, v. 41, n. 1, p. 151-154, 1997.

SWANTON, C.J.; CHANDLER, K.; ELMES, M.J. Postemergence control of annual grasses in corn (*Zea mays*) and two annual grass weeds. **Weed Science**, Lawrence, v. 44, n. 2, p. 219-223, 1996.

SWEETSER, P.B.; SCHOW, G.S.; HUTCHENSON, J.M. Metabolism of chlorsulfuron by plants: biological basis for selectivity of a new herbicide for cereals. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, San Diego, v. 18, n. 1, p. 18-23, 1982.

TREZZI, M.M.; VIDAL, R.A. Herbicidas inibidores da ALS. In: VIDAL, R.A.; MEROTTO JR., A. (Ed.). **Herbicidologia**. Porto Alegre: Gaúcha, 2001. p. 25- 36.

VARGAS, L.; SILVA, A.A.; BORÉM, A.; REZENDE, S.T.; FERREIRA, F.A. DEDYYAMA, T. **Resistência de plantas daninhas a herbicidas**. Viçosa: Jará Produções Gráficas, 1999. 131 p.

VAUGHAN, L.K.; OTTIS, B.V.; PRAZAK-HAVEY, A.M.; BORMANS, C.A.; SNELLER, C.; HANDLER, J.M.; PARK, W.D. Is all red rice found in commercial rice really *Oryza sativa*? **Weed Science**, Lawrence, v. 49, n. 4, p. 468-476, 2001.

VELINI, E.D.; MARTINS, D.; MANOEL, L.A.; MATSUOKA, S.; TRAVAIN, J.C.; CARVALHO, J.C. Avaliação da seletividade da mistura de oxyfluorfen e ametryne, aplicada em pré ou pós-emergência, a dez variedades de cana-de-açúcar (cana-planta). **Planta Daninha**, Viçosa, v. 18, n. 1, p.123–134, 2000.

VIDAL, R.A. **Herbicidas: mecanismos de ação e resistência de plantas**. Porto Alegre: R. A. Vidal, 1997. 165 p.

VILLA, S.C.C.; MARCHEZAN, E.; MASSONI, P.F.S.; SANTOS, F.M.; AVILA, L.A.; MACHADO, S.L.O.; TELO, G.M. Controle de arroz-vermelho em dois genótipos de arroz (*Oryza sativa*) tolerantes a herbicidas do grupo das imidazolinonas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 24, n. 3, p. 549-555, 2006.

WEBSTER, E.P.; MASSON, J.A. Acetolactate synthase inhibiting herbicides on imidazolinone-tolerant rice. **Weed Science**, Lawrence, v. 49, n. 5, p. 652-657, 2001.

3 SELETIVIDADE DO HERBICIDA NICOSULFURON PARA A CULTURA DE MILHO

Resumo

O objetivo deste trabalho foi avaliar a seletividade do herbicida nicosulfuron aplicado isolado ou em mistura com o herbicida atrazina, em condições de pós-emergência de híbridos da cultura de milho. O experimento foi instalado no campo, Fazenda Santo Expedito, município de Rio Claro, Estado de São Paulo, entre novembro de 2007 e maio de 2008. Os híbridos utilizados foram DKB 370, DKB 990, AG 6020, AG 9040, AS 1551, AS 1572, SWB 585, BX 1149, BM 620 e BM 128, e o delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados, com cinco tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos herbicidas utilizados em g i.a. ha⁻¹ foram: nicosulfuron + atrazina a 20 + 1500; nicosulfuron + atrazina a 40 + 3000; nicosulfuron a 50; nicosulfuron a 60, bem como uma testemunha capinada, sendo os herbicidas aplicados no estágio fenológico da cultura de milho de quatro folhas expandidas (V₄). Foram feitas avaliações visuais de sintomas de fitotoxicidade provocados pelos herbicidas aos 7, 15, 30, 45 e 60 dias após aplicação (DAA) e no final do ciclo da cultura, todas as parcelas foram colhidas, a fim de se obter dados de produção, em t ha⁻¹ de grãos secos (13% de umidade). Os dados foram analisados estatisticamente através da análise de variância, seguido do teste de Tukey ao nível de significância de 5% de probabilidade. Os híbridos de milho que foram tolerantes a todos os tratamentos herbicidas, e que não sofreram reduções de produção significativas, foram DKB 370, AG 9040, AS 1551 e BM 620. Os tratamentos de nicosulfuron em mistura com atrazina nas doses de 20 + 1500 e 40 + 3000 g ha⁻¹ de i.a. foram seletivos para todos os híbridos testados. As doses de nicosulfuron a 50 e 60 g i a ha⁻¹ foram as mais fitotóxicas dos experimentos, os híbridos DKB 990, AG 6020, AS 1572, SWB 585, BX 1149 e BM 128 sofreram redução de produção. Para os híbridos AG 6020 e SWB 585 ocorreu diferenças de produtividade entre os tratamentos de nicosulfuron a 50 e 60 g i a ha⁻¹, o que indica alta suscetibilidade ao nicosulfuron.

Palavras-chave: Tolerância; *Zea mayz* L; Manejo; Controle químico

Abstract

The objective of this work was to evaluate the herbicide nicosulfuron selectivity applied alone or in mixture with the herbicide atrazine in post emergence conditions of corn crop hybrids. The experiment was installed in the field, Santo Expedito farm, Rio Claro county, Sao Paulo state, Brazil, from November 2007 to may 2008. The hybrids used were DKB 370, DKB 990, AG 6020, AG 9040, AS 1551, AS 1572, SWB 585, BX 1149, BM 620 e BM 128, and the experimental design adopted was randomized completely blocks, with five treatments and four replications. The herbicides treatments in g a.i. ha⁻¹ were: nicosulfuron + atrazine at 20 + 1,500; nicosulfuron + atrazine at 40 + 3,000; nicosulfuron at 50; nicosulfuron at 60, as well as a check weed free, being the herbicides sprayed at the corn crop phenological stage of four true leaves (V₄). Visual

evaluations of the herbicides phytotoxicity were done at 7, 15, 30, 45 and 60 days after herbicide application (DAA) and at the end of the crop cycle it was evaluated the grain yield in $t\ ha^{-1}$ (13% humidity). The data were statistically analyzed by the analysis of variance followed by the Tukey test at 5% significance. The corn hybrids that tolerated all the herbicide treatments and that did not suffer any significant grain yield decrease were DKB 370, AG 9040, AS 1551 e BM 620. The treatments of nicosulfuron in mixtures with atrazine at the rates of $20 + 1,500$ and $40 + 3,000\ g\ ha^{-1}$ of a.i. were selective to all hybrids tested. The rates of nicosulfuron of 50 and $60\ g\ a.i.\ ha^{-1}$ were the most phytotoxic of the experiments, the hybrids DKB 990, AG 6020, AS 1572, SWB 585, BX 1149 and BM 128 had grain yield reduction. The hybrids AG 6020 e SWB 585 had differences in the crop yield between the treatments of nicosulfuron at 50 and $60\ g\ a.i.\ ha^{-1}$, that indicates high susceptibility to nicosulfuron.

Keywords: Tolerance; *Zea mayz* L.; Management; Chemical control

3.1 Introdução

O milho ocupa posição de destaque na economia brasileira em decorrência da área cultivada e do volume produzido, atingindo aproximadamente 14 milhões de hectares cultivados, com produção aproximada de 54 milhões de toneladas por ano (FNP, 2009). No entanto, um dos fatores que comprometem seu rendimento é a interferência exercida pelas plantas daninhas. Estima-se que a redução causada por plantas daninhas no rendimento de produção na cultura de milho, devido à interferência das plantas daninhas, pode alcançar até 70% da produtividade potencial (FANCELLI; DOURADO-NETO, 2000) no qual se torna necessário o uso de medidas de controle para reduzir os efeitos negativos dessa interferência (SILVA; FERREIRA; FERREIRA, 2002). Dentre estas, o controle químico tem se destacado, pela eficiência no controle das plantas daninhas, rapidez na operação e economia nos custos, quando comparados com outros métodos (MEROTTO JUNIOR et al., 1997).

A seletividade do herbicida é a base para o sucesso do controle químico de plantas daninhas na produção agrícola. É considerada como uma medida da resposta diferencial de diversas espécies de plantas a um determinado herbicida. Quanto maior a diferença de tolerância entre a cultura e a planta daninha, maior a segurança de aplicação. É um fator relativo e particularmente característico para uma determinada interação herbicida – planta daninha – cultura – condições edafoclimáticas. Por

tratamento seletivo entende-se aquele que controla plantas daninhas sem afetar seriamente as plantas que são de interesse (culturas) (OLIVEIRA JR., 2001).

Entre os fatores que determinam a seletividade encontram-se: i) fatores relacionados às características do herbicida ou ao método de aplicação como dose, formulação, localização espacial ou temporal do herbicida em relação à planta; ii) fatores relacionados às características das plantas como seletividade associada à retenção e à absorção diferencial (idade das plantas, cultivar, tamanho da semente ou estrutura de propagação vegetativa); seletividade associada à translocação diferencial e; seletividade associada ao metabolismo diferencial (destoxificação); iii) antídotos (OLIVEIRA JUNIOR., 2001; NICOLAI, 2004).

Entre os principais herbicidas pós-emergentes utilizados atualmente na cultura do milho destaca-se o nicosulfuron, do grupo químico das sulfoniluréias. Os herbicidas deste grupo inibem a acetolactato sintase (ALS), a primeira enzima comum à rota de biossíntese dos aminoácidos de cadeia ramificada, valina, leucina e isoleucina, em plantas e microrganismos (ASHTON; MONACO, 1991; ANDERSON et al., 1998).

A seletividade dos herbicidas sulfoniluréias para as culturas baseia-se nas diferentes taxas de metabolização dos mesmos pelas plantas (SWEETSER; SCHOW; HUTCHENSON, 1982; OBRIGAWITCH; KENYON; KURATLE, 1990; CAREY; PENNER; KELLS, 1997) e nas velocidades de absorção e translocação nos vegetais. Espécies tolerantes detoxificam rapidamente estes herbicidas, transformando-os em compostos não fitotóxicos pela ação do citocromo P450 monoxigenase, em reações de hidroxilação e glioxilação (FONNE-PFISTER et al., 1990). Híbridos considerados tolerantes ao nicosulfuron podem apresentar sensibilidade diferencial, dependendo do estágio de desenvolvimento da planta, do ambiente e da dose utilizada (MORTON; HARVEY, 1992; SIEGELIN, 1993; GUBBIGA et al., 1995). Na maioria dos híbridos, a tolerância é mais acentuada nos estádios iniciais de desenvolvimento. Com duas a três folhas expandidas (estádios de desenvolvimento V_2 e V_3), o milho mostra-se mais tolerante ao nicosulfuron do que nos estádios V_6 a V_8 (McMULLAN; BLACKSHAW, 1995).

Assim, o herbicida a ser empregado deve ser preferencialmente seletivo para a cultura não causando injúrias às plantas de milho, tanto na parte aérea quanto no sistema radicular, visto que inúmeras condições de uso podem causar distintos efeitos

fitotóxicos. Por essa razão, é fundamental a avaliação, em condições de campo, da influência dos principais herbicidas sobre o desempenho da cultura de milho, independente da sua eficiência no controle de plantas daninhas. Para isso, deve-se conhecer a fenologia da cultura e os momentos de definição do potencial de produção (LÓPEZ-OVEJERO, 2000).

Assim, é de fundamental importância estudar a seletividade do herbicida nicosulfuron aos diferentes híbridos comerciais. Esta caracterização permitirá que as recomendações de aplicação deste herbicida sejam baseadas no grau de seletividade diferencial aos híbridos, permitindo assim aplicações seguras e sem efeitos fitotóxicos.

Sendo assim, este trabalho teve por objetivo avaliar a seletividade do herbicida nicosulfuron aplicado isoladamente ou em mistura com atrazina e em diferentes dosagens, no desempenho de dez híbridos de milho em pós-emergência no estágio fenológico V_4 (quatro folhas expandidas).

3.2 Material e Métodos

A pesquisa foi conduzida em condições de campo durante a safra 2007/2008, em área da Fazenda Santo Expedito, localizada em Rio Claro, SP. O solo da área apresenta textura arenosa, com 14,8% de argila, 72% de areia, 13,2% de silte, pH em CaCl_2 igual a 5, matéria orgânica 10 g/dm^3 , 3 mg/dm^3 de fósforo e $1,8 \text{ mmolc/dm}^3$ de potássio, 12 mmolc/dm^3 Ca, $54,8 \text{ mmolc/dm}^3$ de CTC e V% de 48, sendo tradicionalmente cultivado com a cultura do milho.

Os híbridos de milho testados são designados comercialmente como AG 6020, AG 9040, AS1551, AS 1572, BM 128, BM 620, SWB 585, DKB 370, DKB 990 e BX 1149, e foram semeados no dia 30 de novembro de 2007 no espaçamento de 80 cm entrelinhas e 7 sementes por metro linear. A adubação de plantio foi feita nas linhas de semeadura com 300 kg ha^{-1} da fórmula comercial 10-30-20 (N - P_2O_5 - K_2O). Realizou-se adubação nitrogenada de cobertura com uréia na dose de $200 \text{ kg de N ha}^{-1}$ aos 45 dias após a emergência (DAE), quando o milho se apresentava nos estádios V_7 (quatro folhas expandidas).

Durante a condução dos experimentos foram realizadas duas aplicações de inseticida em toda a área experimental para o controle da praga lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*). Na primeira aplicação usou-se deltametrina (marca comercial Decis) a 200 ml produto comercial (p.c.) ha^{-1} e para a segunda o inseticida lufenuron (marca comercial Match) a 300 ml p.c. ha^{-1} e o inseticida lambda-cialotrina (marca comercial Karate) a 250 ml p.c. ha^{-1} .

Foi um experimento para cada híbrido, no delineamento experimental de blocos ao acaso, com cinco tratamentos e quatro repetições. As parcelas constaram de quatro linhas espaçadas de 0,80 m com 7,0 m de comprimento, totalizando 22,4 m^2 de área total e 16 m^2 de área útil. Os tratamentos aplicados foram duas doses do herbicida nicosulfuron isolado (50 e 60 g ha^{-1}) e em mistura com atrazina (20 + 1500 e 40 + 3000 g ha^{-1}). Todos os tratamentos estão detalhadamente descritos na Tabela 1.

Tabela 1 - Tratamentos experimentais aplicados em dez híbridos de milho na safra 2007/2008. Rio Claro - SP, 2008

Tratamentos Herbicidas		Dose aplicada	Dose aplicada
Nome comum	Nome comercial	L ha^{-1} de p.c. ¹	g ha^{-1} de i.a. ²
1. Testemunha capinada	-	-	-
2. Nicosulfuron + Atrazina	Sanson + Gesaprim	0,5 + 3,0	20 + 1500
3. Nicosulfuron + Atrazina	Sanson + Gesaprim	1,0 + 6,0	40 + 3000
4. Nicosulfuron	Sanson	1,25	50
5. Nicosulfuron	Sanson	1,50	60

¹ produto comercial; ² - ingrediente ativo.

A aplicação dos herbicidas foi realizada dia 21 de dezembro de 2008, das 10:30 às 13:30 h. No momento das aplicações, os parâmetros meteorológicos médios foram: UR (%) de 70,0%; T (°C) de 28,7°C; céu aberto e ventos de 5,0 km h^{-1} . Utilizou-se pulverizador costal pressurizado por CO_2 , acoplado a uma barra de pulverização com largura útil de 2 m, com quatro pontas do tipo leque Teejet TT, XR 110.02, espaçadas em 0,50 m, calibrado para um volume de calda proporcional a 200 L ha^{-1} o que

corresponde a uma pressão de trabalho de 23 lb pol⁻². As precipitações, vento, umidade relativa média e temperatura média do período que o experimento esteve em campo estão apresentadas na Tabela 2. É importante ressaltar que em toda a área experimental, mesmo onde foi feita a aplicação de herbicidas o controle de plantas daninhas foi mantido 100% através de capinas, com o objetivo de evitar qualquer tipo de confundimento nos resultados finais que visam a comparação de seletividade dos herbicidas.

Tabela 2 - Precipitações (mm), vento médio (km/h), umidade relativa média (U.R.M.) em porcentagem (%) e Temperatura média (T.M.) em °C, observadas durante o período de condução do experimento. Rio Claro - SP, 2008

Ano de 2007/08	Precipitação (mm)	Vento Médio (km/h)	U.R.M.¹ (%)	T.M.² (°C)
Novembro	125,0	3,96	85,9	22,2
Dezembro	195,0	5,40	83,9	23,9
21 de Dezembro	0,0	3,96	90,0	22,6
Janeiro	415,0	5,40	92,3	22,6
Fevereiro	120,0	3,60	91,8	23,5
Março	125,0	5,40	89,0	22,9
Abril	105,0	3,60	92,6	21,2
Maio	65,0	4,32	88,5	17,8

1 - Umidade Relativa Média; 2 - Temperatura Média; * - Dados fornecidos pela Fazenda Santo Expedito.

As variáveis avaliadas foram: fitotoxicidade aos 7, 15, 30, 45 e 60 DAA e produção em t ha⁻¹ de grãos secos (13% de umidade) no final do ciclo da cultura. Nas avaliações de fitotoxicidade, utilizou-se escala variando de 0 a 100%, em que zero representou a ausência de sintomas e 100 a morte de todas as plantas.

Na análise dos dados empregou-se análise de variância, e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3.3 Resultados e discussão

Foram observados alguns sintomas fitotóxicos iniciais em todos os híbridos testados, para todos os tratamentos, principalmente aos 15 DAA. Esses sintomas restringiram-se a cloroses nas folhas novas e redução do crescimento inicial, contudo em todos os híbridos, esses sintomas desapareceram principalmente nas avaliações dos 30 e 45 DAA (Tabelas 3 a 12).

Esta observação corrobora com Moro e Damião Filho (1999) que observaram, em plantas de milho após a aplicação do nicosulfuron, alterações morfoanatômicas das folhas com clorose e enrugamento da lâmina foliar e que tais sintomas desaparecem ao longo do ciclo da cultura. Resultados semelhantes quanto à fitotoxicidade de sulfoniluréias foram obtidos por Zaganel (2002) para o híbrido DKB 214. Este autor constatou que a injúria desapareceu aos 15 DAA dos herbicidas.

Os dados de fitotoxicidade e produtividade dos híbridos (Tabelas 3 a 12) evidenciam que os tratamentos com nicosulfuron em mistura com a atrazina nas doses de 20 + 1500 e 40 + 3000 g ha⁻¹ não causaram reduções de produtividade em nenhum dos híbridos testados. Aos 7, 15 e 30 DAA foram observados sintomas de fitotoxicidade inferiores a 12,5% e aos 45 e 60 DAA os sintomas desapareceram. Para o híbrido AS 1572 a seletividade foi maior, pois não foram observados sintomas de fitotoxicidade já na avaliação dos 30 DAA (Tabela 8).

Os híbridos que apresentaram tolerância a todos os tratamentos herbicidas testados, apesar dos sintomas fitotóxicos iniciais, e que não sofreram reduções de produtividade, foram DKB 370, AG 9040, AS 1551 e BM 620 (Tabelas 3 a 6). Dentre estes híbridos, apenas AG9040 e AS 1551 não apresentaram notas de fitotoxicidade acima de 15% em nenhuma das avaliações para nenhum dos tratamentos avaliados.

Tabela 3 - Resultados das avaliações de fitotoxicidade e produção, em t ha⁻¹, para o híbrido DKB 370, aos 7, 15, 30, 45 e 60 DAA. Rio Claro - SP, 2008

Tratamentos	Dose (i.a. g ha ¹)	Fitotoxicidade (%) DKB 370					P ¹ (t ha ⁻¹)
		07	15	30 DAA	45	60	
Testemunha capinada	-	0,0 d	0,0 d	0,0 c	0,0	0,0	6,4 a
Nicosulfuron + ATZ ²	20 + 1500	5,3 c	2,5 c	0,0 c	0,0	0,0	6,5 a
Nicosulfuron + ATZ ²	40 + 3000	10,5 b	5,8 b	2,0 b	0,0	0,0	6,4 a
Nicosulfuron	50	15,5 a	10,5 a	5,8 a	0,0	0,0	6,6 a
Nicosulfuron	60	15,5 a	10,0 a	5,0 a	0,0	0,0	6,5 a
DMS		2,45	2,05	1,54	0	0	0,315
CV (%)		6,15	5,28	7,41	0	0	29,53

¹ Produção em toneladas por hectare de grãos secos (13% de umidade); ² Atrazina.

Tabela 4 - Resultados das avaliações de fitotoxicidade e produção, em t ha⁻¹, para o híbrido AG 9040, aos 7, 15, 30, 45 e 60 DAA. Rio Claro - SP, 2008

Tratamentos	Dose (i.a. g ha ¹)	Fitotoxicidade (%) AG 9040					P ¹ (t ha ⁻¹)
		07	15	30 DAA	45	60	
Testemunha capinada	-	0,0 c	0,0 c	0,0 c	0,0	0,0	5,7 a
Nicosulfuron + ATZ ²	20 + 1500	5,0 b	6,5 b	1,3 b	0,0	0,0	5,6 a
Nicosulfuron + ATZ ²	40 + 3000	5,0 b	7,3 b	1,3 b	0,0	0,0	6,0 a
Nicosulfuron	50	10,0 a	11,0 a	5,0 a	0,0	0,0	5,9 a
Nicosulfuron	60	10,0 a	11,0 a	5,0 a	0,0	0,0	5,8 a
DMS		2,59	3,15	1,89	-	-	0,519
CV (%)		11,41	9,51	7,88	0	0	24,57

¹ Produção em toneladas por hectare de grãos secos (13% de umidade); ² Atrazina.

Tabela 5 - Resultados das avaliações de fitotoxicidade e produção, em t ha⁻¹, para o híbrido AS 1551, aos 7, 15, 30, 45 e 60 DAA. Rio Claro - SP, 2008

Tratamentos	Dose (i.a. g ha ¹)	Fitotoxicidade (%) AS 1551					P ¹ (t ha ⁻¹)
		07	15	30 DAA	45	60	
Testemunha capinada	-	0,0 c	0,0 d	0,0 d	0,0	0,0	6,1 a
Nicosulfuron + ATZ ²	20 + 1500	6,5 b	9,0 b	1,3 c	0,0	0,0	6,1 a
Nicosulfuron + ATZ ²	40 + 3000	5,0 b	7,0 c	2,5 b	0,0	0,0	6,1 a
Nicosulfuron	50	11,3 a	13,8 a	3,8 ab	0,0	0,0	5,9 a
Nicosulfuron	60	12,0 a	13,0 a	5,8 a	0,0	0,0	5,8 a
DMS		2,88	3,12	1,97	-	-	0,357
CV (%)		8,42	6,58	5,66	0	0	26,78

¹ Produção em toneladas por hectare de grãos secos (13% de umidade); ² Atrazina.

Tabela 6 - Resultados das avaliações de fitotoxicidade e produção, em t ha⁻¹, para o híbrido BM 620, aos 7, 15, 30, 45 e 60 DAA. Rio Claro - SP, 2008

Tratamentos	Dose (i.a. g ha ¹)	Fitotoxicidade (%) BM 620					P ¹ (t ha ⁻¹)
		07	15	30 DAA	45	60	
Testemunha capinada	-	0,0 c	0,0 e	0,0 e	0,0 c	0,0 b	6,3 a
Nicosulfuron + ATZ ²	20 + 1500	0,0 c	1,3 d	1,3 d	0,0 c	0,0 b	6,5 a
Nicosulfuron + ATZ ²	40 + 3000	10,0 b	9,0 c	5,0 c	0,0 c	0,0 b	6,3 a
Nicosulfuron	50	10,0 b	11,8 b	8,8 b	4,5 b	0,0 b	6,4 a
Nicosulfuron	60	20,0 a	17,5 a	13,0 a	9,3 a	3,8 a	6,6 a
DMS		3,21	2,89	2,55	1,95	-	0,351
CV (%)		11,45	9,61	4,88	5,69	0	12,55

¹ Produção em toneladas por hectare de grãos secos (13% de umidade); ² Atrazina.

Estes resultados corroboram com diversos experimentos que foram conduzidos nas últimas safras, em diferentes regiões do país (Ponta Grossa, Marechal Cândido Rondon, Maringá, Londrina e Bandeirantes – PR; Selvíria e Campo Grande – MS; Paranapanema e Paulínia – SP; Santa Maria – RS; Uberlândia – MG), com o objetivo de avaliar a eficácia e a seletividade dos herbicidas inibidores da ALS em pós-emergência da cultura de milho. Os herbicidas estudados foram nicosulfuron (40, 50 ou 60 g i.a. ha⁻¹) e/ou foramsulfuron + iodosulfurom-methyl-sodium (36 + 2,4 e 45 + 3 g i.a. ha⁻¹) isolados ou mistura com atrazina, aplicados entre 2 a 5 folhas totalmente expandidas, em diferentes híbridos. Nenhum produto provocou qualquer injúria ao milho que compromettesse a produção. Os mesmos foram seletivos a uma série de híbridos de milho ou causaram dano à cultura, porém, não afetaram a produtividade. Os tratamentos avaliados não afetaram o número de espigas, estande da cultura na pré-colheita, altura e rendimento. Todos os tratamentos promoveram temporariamente sinais leves de fitotoxicidade, porém não interferiram no seu rendimento, os quais foram estatisticamente semelhantes à testemunha mantida capinada (CONTIERO; LOPES, 2002; PEREIRA et al., 2001; ADORYAN; GELMINI; VICTORIA FILHO, 2002; FAGLIARI et.al., 2002; CARVALHO et al., 2002; ALVES et al., 2002; ALMEIDA; LEITE; FONTES, 2002; OSIPE, 2002; DORNELLES et al., 2002; PASINATTO; FONTES; ZAGONEL, 2002; FRANCO, 2002; PINTO; ZAMBON; SANCHEZ et al., 2002).

Spader e Vidal (2001) em pesquisa com milho híbrido AG 5011 aplicando doses do herbicida nicosulfuron de 0, 60 e 80 g ha⁻¹ em diferentes estádios de desenvolvimento vegetativo do milho observaram que não ocorreram sintomas evidentes de injúria nas plantas de milho quando tratadas com nicosulfuron no estágio de desenvolvimento V₃, para ambas as doses aplicadas.

O tratamento de nicosulfuron + atrazina a 20 + 1500 g ha⁻¹ foi o mais seletivo dos experimentos, sem redução de produtividade para nenhum dos híbridos testados (Tabelas 3 a 12). Apenas os híbridos DKB 990 apresentam notas de fitotoxicidade acima de 10% apenas aos 7 DAA (Tabela 7).

Para a mistura nicosulfuron + atrazina a 40 + 3000 g ha⁻¹ nenhum dos materiais testados apresentou notas de fitotoxicidade acima de 15% em nenhuma das avaliações realizadas (Tabelas 3 a 12).

As doses de nicosulfuron de 50 e 60 g ha⁻¹ foram as mais fitotóxicas dos experimentos. Nestes tratamentos, em quase todos os híbridos foram observadas notas de fitotoxicidade entre 10 e 20%, principalmente aos 7 e 15 DAA. Quanto à produtividade, para os tratamentos com nicosulfuron a 50 e 60 g ha⁻¹, houve reduções nos híbridos DKB 990, AS 1572, BX 1149, BM 128, AG 6020 e SWB 585 (Tabelas 7 a 12). Todos os híbridos acima que tiveram redução de produção não apresentaram sintomas fitotóxicos aos 60 DAA e para o híbrido AS 1572 os sintomas não foram observados já para a avaliação aos 30 DAA (Tabela 8). Segundo López-Ovejero (2000), a redução de produtividade causada pela aplicação de uma herbicida nem sempre está associada a sintomas visuais de fitotoxicidade aparente, que na prática é conhecido popularmente por fitotoxicidade invisível.

Tabela 7 - Resultados das avaliações de fitotoxicidade e produção, em t ha⁻¹, para o híbrido DKB 990, aos 7, 15, 30, 45 e 60 DAA. Rio Claro - SP, 2008

Tratamentos	Dose (i.a. g ha ¹)	Fitotoxicidade (%) DKB 990					P ¹ (t ha ⁻¹)
		07	15	30 DAA	45	60	
Testemunha capinada	-	0,0 d	0,0 d	0,0 d	0,0 b	0,0	7,8 a
Nicosulfuron + ATZ ²	20 + 1500	10,0 c	7,0 c	1,3 c	0,0 b	0,0	7,6 a
Nicosulfuron + ATZ ²	40 + 3000	13,8 b	12,5 b	5,8 b	0,0 b	0,0	7,4 a
Nicosulfuron	50	20,0 a	18,8 a	11,8 a	4,5 a	0,0	6,1 b
Nicosulfuron	60	22,5 a	20,0 a	11,8 a	4,5 a	0,0	6,2 b
DMS		3.57	2.85	2.44	-	-	0.411
CV (%)		7,88	8,41	4,58	0	0	31,25

¹ Produção em toneladas por hectare de grãos secos (13% de umidade); ² Atrazina.

Tabela 8 - Resultados das avaliações de fitotoxicidade e produção, em t ha⁻¹, para o híbrido AS 1572, aos 7, 15, 30, 45 e 60 DAA. Rio Claro - SP, 2008

Tratamentos	Dose (i.a. g ha ¹)	Fitotoxicidade (%) AS 1572					P ¹ (t ha ⁻¹)
		07	15	30	45	60	
		DAA					
Testemunha	-	0,0 c	0,0 d	0,0	0,0	0,0	6,4 a
Nicosulfuron + ATZ ²	20 + 1500	5,0 b	1,3 c	0,0	0,0	0,0	6,3 a
Nicosulfuron + ATZ ²	40 + 3000	5,0 b	5,8 b	0,0	0,0	0,0	6,4 a
Nicosulfuron	50	5,0 b	7,3 a	0,0	0,0	0,0	5,8 b
Nicosulfuron	60	10,0 a	8,5 a	0,0	0,0	0,0	5,8 b
DMS		2.88	2.25	-	-	-	0.477
CV (%)		6,54	4,78	0	0	0	21,47

¹ Produção em toneladas por hectare de grãos secos (13% de umidade); ² Atrazina.

Tabela 9 - Resultados das avaliações de fitotoxicidade e produção, em t ha⁻¹, para o híbrido BX 1149, aos 7, 15, 30, 45 e 60 DAA. Rio Claro - SP, 2008

Tratamentos	Dose (i.a. g ha ¹)	Fitotoxicidade (%) BX 1149					P ¹ (t ha ⁻¹)
		07	15	30	45	60	
		DAA					
Testemunha capinada	-	0,0 c	0,0 c	0,0 c	0,0 b	0,0	7,4 a
Nicosulfuron + ATZ ²	20 + 1500	5,0 b	2,5 b	0,0 c	0,0 b	0,0	7,3 a
Nicosulfuron + ATZ ²	40 + 3000	6,3 b	3,3 b	1,3 b	0,0 b	0,0	7,3 a
Nicosulfuron	50	10,0 a	8,8 a	3,8 a	1,3 a	0,0	6,7 b
Nicosulfuron	60	10,0 a	8,8 a	4,5 a	2,5 a	0,0	6,4 b
DMS		2,21	2,05	1,44	1,28	-	0,577
CV (%)		9,56	8,75	9,61	5,99	0	29,87

¹ Produção em toneladas por hectare de grãos secos (13% de umidade); ² Atrazina.

Tabela 10 - Resultados das avaliações de fitotoxicidade e produção, em t ha⁻¹, para o híbrido BM 128, aos 7, 15, 30, 45 e 60 DAA. Rio Claro - SP, 2008

Tratamentos	Dose (i.a. g ha ¹)	Fitotoxicidade (%) BM 620					P ¹ (t ha ⁻¹)
		07	15	30 DAA	45	60	
Testemunha	-	0,0 d	0,0 e	0,0 d	0,0 c	0,0	5,8 a
Nicosulfuron + ATZ ²	20 + 1500	6,3 c	6,8 c	1,3 c	0,0 c	0,0	5,7 a
Nicosulfuron + ATZ ²	40 + 3000	6,3 c	5,0 d	0,0 d	0,0 c	0,0	5,8 a
Nicosulfuron	50	10,5 b	9,3 b	5,0 b	1,3 b	0,0	5,3 b
Nicosulfuron	60	16,8 a	13,0 a	11,3 a	6,3 a	0,0	5,2 b
DMS		3,54	2,57	2,57	2,31	-	0,344
CV (%)		8,57	4,88	4,21	3,68	0	18,56

¹ Produção em toneladas por hectare de grãos secos (13% de umidade); ² Atrazina.

López-Ovejero et al. (2003) também constataram redução de produtividade para o híbrido P 3027 na dose de 52 g ha⁻¹ de nicosulfuron aplicada em plantas com quatro folhas expandidas. Spader e Antoniazzi (2006) observaram que os híbridos DKB 214, AS 1550, P30P70, Speed, Penta, P30R50 e DOW 2B150 apresentaram redução na produtividade de grãos quando foram submetidos à dose de 60 g ha⁻¹ de nicosulfuron no estágio de seis folhas expandidas. Da mesma forma, Spader e Vidal (2001) indicaram que a injúria causada pelo nicosulfuron, nas doses de 60 e 80 g ha⁻¹, reduziu a produtividade de grãos do híbrido AG 501 na ordem de 9 e 23% em relação à testemunha não-tratada, quando aplicado no estágio de desenvolvimento de seis folhas expandidas, e em 17 e 26% quando aplicado no estágio de nove folhas expandidas, respectivamente.

Para Skora Neto (2002) houve diferença na tolerância dos híbridos ao nicosulfuron, entretanto, a maioria das plantas com sintomas de intoxicação recuperaram-se visualmente do efeito do herbicida. Os híbridos precoces XB 7011, XL 355, XL 357 e Z 8410 e os híbridos normais Z 8550 e Z 85E03 foram os que tiveram redução significativa no rendimento.

Para os híbridos AG 6020 e SWB 585 ocorreu diferenças de produtividade entre os tratamentos de nicosulfuron a 50 e 60 g ha⁻¹, o que indica alta suscetibilidade ao nicosulfuron (Tabela 11 e 12).

Tabela 11 - Resultados das avaliações de fitotoxicidade e produção, em t ha⁻¹, para o híbrido AG 6020, aos 7, 15, 30, 45 e 60 DAA. Rio Claro - SP, 2008

Tratamentos	Dose (i.a. g ha ¹)	Fitotoxicidade (%) AG 6020					P ¹ (t ha ⁻¹)
		07	15	30 DAA	45	60	
Testemunha	-	0,0 d	0,0 c	0,0 c	0,0 b	0,0	8,4 a
Nicosulfuron + ATZ ²	20 + 1500	5,0 c	10,0 b	5,3 b	0,0 b	0,0	8,2 a
Nicosulfuron + ATZ ²	40 + 3000	8,5 b	10,0 b	5,8 b	0,0 b	0,0	8,2 a
Nicosulfuron	50	11,3 a	13,8 a	8,8 a	1,3 a	0,0	7,5 b
Nicosulfuron	60	11,3 a	13,8 a	8,5 a	0,0 b	0,0	7,2 c
DMS		2,40	2,15	2,87	-	-	0,431
CV (%)		10,21	9,68	6,47	0	0	36,98

¹ Produção em toneladas por hectare de grãos secos (13% de umidade); ² Atrazina.

Tabela 12 - Resultados das avaliações de fitotoxicidade e produção, em t ha⁻¹, para o híbrido SWB 585, aos 7, 15, 30, 45 e 60 dias após aplicação (DAA). Rio Claro - SP, 2008

Tratamentos	Dose (i.a. g ha ¹)	Fitotoxicidade (%) SWB 585					P ¹ (t ha ⁻¹)
		07	15	30 DAA	45	60	
Testemunha capinada	-	0,0 c	0,0 c	0,0 c	0,0 b	0,0	7,4 a
Nicosulfuron + ATZ ²	20 + 1500	5,0 b	0,0 c	0,0 c	0,0 b	0,0	7,2 a
Nicosulfuron + ATZ ²	40 + 3000	5,0 b	0,0 c	0,0 c	0,0 b	0,0	7,1 a
Nicosulfuron	50	15,0 a	9,0 b	3,8 b	0,0 b	0,0	6,6 b
Nicosulfuron	60	17,5 a	13,8 a	8,8 a	6,5 a	0,0	5,7 c
DMS		3.11	2.96	1.85	-	-	0.528
CV (%)		6,33	5,99	8,52	0	0	39,62

¹ Produção em toneladas por hectare de grãos secos (13% de umidade); ² Atrazina.

3.4 Conclusões

Nas condições em que se realizaram os experimentos pode-se concluir que os tratamentos com nicosulfuron em mistura com a atrazina nas doses de 20 + 1500 e 40 + 3000 g ha⁻¹ de i.a. não causaram redução de produtividade em nenhum dos híbridos testados.

Os híbridos que apresentaram tolerância a todos os tratamentos herbicidas testados, apesar dos sintomas fitotóxicos iniciais, que não mostraram reduções de produtividade, foram DKB 370, AG 9040, AS 1551 e BM 620.

As doses de nicosulfuron a 50 e 60 g i a ha⁻¹ foram as mais fitotóxicas dos experimentos, os híbridos DKB 990, AG 6020, AS 1572, SWB 585, BX 1149 e BM 128 apresentaram redução de produção. Para os híbridos AG 6020 e SWB 585 ocorreu diferenças de produtividade entre os tratamentos de nicosulfuron a 50 e 60 g i a ha⁻¹, o que indica alta suscetibilidade ao nicosulfuron.

Referências

ADORYAN, M.L.; GELMINI, G.A.; VICTÓRIA FILHO, R. Eficiência do herbicida Equip Plus no controle de plantas daninhas na cultura do milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 23., Londrina, 2002. **Resumos...** Londrina: SBCPD; EMBRAPA Clima Temperado, 2002. p. 347.

ALMEIDA, J.C.V.; LEITE, C.R.F.; FONTES, A. Eficácia agronômica dos herbicidas foramsulfuron e foramsulfuron + iodosulfurom methyl, aplicados em pós-emergência para o controle de plantas daninhas na cultura de milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 23., Londrina, 2002. **Resumos...** Londrina: SBCPD; Embrapa Clima Temperado, 2002. p. 373.

ALVES, R.F.; OLIVEIRA JR., R.S.; CONSTANTIN, J.; MARCHIORI JR., O.; CARREIRA, S.A.M. Avaliação dos novos herbicidas foramsulfuron + iodosulfurom para cultura do milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 23., Londrina, 2002. **Resumos...** Londrina: SBCPD; EMBRAPA Clima Temperado, 2002. p. 368.

ANDERSON, D.D.; NISSEN, S.J.; MARTIN, A.R.; ROETH, F.W. Mechanism of primisulfuron resistance in a shattercane (*Sorghum bicolor*) biotype. **Weed Science**, Lawrence, v. 46, n. 1, p. 158-162, 1998.

ASHTON, F.M., MONACO, T.D. **Weed science: principles and practices**. 3rd ed. New York: John Wiley, 1991. 272 p.

CAREY, J.B.; PENNER, D.; KELLS, J.J. Physiological basis for nicosulfuron and primisulfuron selectivity in five plant species. **Weed Science**, Lawrence, v. 45, n. 1, p. 22-30, 1997.

CARVALHO, F.T.; PERUCHI, M.; PALAZZO, R.R.B.; SOUTO, T.L.; ZAMBON, S. Eficácia de herbicidas no controle pós-emergente de plantas daninhas na cultura do milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 23., Londrina, 2002. **Resumos...** Londrina: SBCPD; EMBRAPA Clima Temperado, 2002. p. 366.

CONTIERO, R.L.; LOPES, M.C. Eficiência e toxicidade de herbicidas no controle de plantas daninhas em pós-emergência na cultura do milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 23., Londrina, 2002. **Resumos...** Londrina: SBCPD; EMBRAPA Clima Temperado, 2002. p. 328.

DORNELLES, S.H.B.; DEBORTOLI, M.P.; CAPITANIO, J.; BRONDANI, D.; ABREU, M.R.; BORTOLOTO, R.P. Eficiência da mistura foramsulfuron + iodosulfurom methyl no controle de plantas daninhas na cultura de milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 23., Londrina, 2002. **Resumos...** Londrina: SBCPD; EMBRAPA Clima Temperado, 2002. p. 385.

FAGLIARI, J.R.; CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA JR., R.S.; MARCHIORI JR, O. Utilização de testemunhas duplas na avaliação da seletividade de herbicidas aplicados na cultura do milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 23., Londrina, 2002. **Resumos...** Londrina: SBCPD; EMBRAPA Clima Temperado, 2002. p. 353.

FANCELLI, A.L.; DOURADO-NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360 p.

FNP CONSULTORIA & COMÉRCIO. **AGRIANUAL**: anuário da agricultura brasileira. São Paulo, 2009. 497 p.

FONNE-PFISTER, R.; GAUDIN, J.; KREUZ, K.; RAMSTEINER, K.; EBERT, E. Hydroxylation of primisulfuron by inducible cytochrome P450 dependent monooxygenase system from maize. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, San Diego, v. 37, n. 1, p. 165-173, 1990.

FRANCO, G. Equip plus (foramsulfuron + iodosulfuron): novo conceito em herbicidas sulfoniluréias na cultura do milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 23., Londrina, 2002. **Resumos...** Londrina: SBCPD; EMBRAPA Clima Temperado, 2002. p. 659.

GUBBIGA, N.G.; WORSHAM, A.D.; COBLE, H.D.; LEMONS, R.W. Effect of nicosulfuron on johnsongrass (*Sorghum halepense*) control and corn (*Zea mays*) performance. **Weed Technology**, Champaign, v. 9, n. 3, p. 574-581, 1995.

LÓPEZ OVEJERO, R.F. **Desempenho da cultura de milho (*Zea mays* L.) submetida a diferentes herbicidas na ausência de plantas daninhas**. 2000. 46 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidades de São Paulo, Piracicaba, 2000.

LÓPEZ OVEJERO, R.F.; CHRISTOFFOLETI, P.J.; NICOLAI, M.; BARELA, J.F. Manejo de plantas daninhas na cultura do milho. In: FANCELLI, A.L.; DOURADO-NETO, D. (Ed.). **Milho: estratégias de manejo para alta produtividade**. Piracicaba: ESALQ, LPV, 2003. p. 47-79.

McMULLAN, P.M.; BLACKSHAW, R.E. Postemergence green foxtail (*Setaria viridis*) control in corn (*Zea mays*) in Western Canada. **Weed Technology**, Champaign, v. 9, n. 1, p. 37-43, 1995.

MEROTTO Jr., A.; GUIDOLIN, A.F.; ALMEIDA, M.L.; HAVERROTH, H.S. Aumento da população de plantas e uso de herbicidas no controle de plantas daninhas em milho. **Planta Daninha**, Botucatu, v. 15, n. 2, p. 141-151, 1997.

MORO, F.V.; DAMIÃO-FILHO, C.F. Alterações morfoanatômicas das folhas de milho submetidas à aplicação de nicosulfuron. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 17, n. 3, p. 331-337, 1999.

MORTON, C.A.; HARVEY, R.G. Sweet corn (*Zea mays*) hybrid tolerance to nicosulfuron. **Weed Technology**, Champaign, v. 6, n. 1, p. 91-96, 1992.

NICOLAI, M. **Desempenho da cultura de milho (*Zea mays* L.) submetida a aplicação de herbicidas pós-emergentes, em diferentes situações de manejo**. 2004. 113 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidades de São Paulo, Piracicaba, 2004.

OBRIGAWITCH, T.T.; KENYON, W.H.; KURATLE, H. Effect of application timing on rhizome johnsongrass (*Sorghum halepense*) control with DPX-V9360. **Weed Science**, Champaign, v. 38, n. 1, p. 45-49, 1990.

OLIVEIRA Jr., R.S. Seletividade de herbicidas para culturas e plantas daninhas. In: Coord. OLIVEIRA Jr., R.S.; CONSTANTIN, J. **Plantas daninhas e seu manejo**. Guaíba: Agropecuária, 2001. p. 291-314.

OSIPE, R. Avaliação da eficiência e seletividade dos herbicidas foramsulfuron e foramsulfuron + iodosulfurom methyl, aplicados em pós-emergência da cultura de milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 23., Londrina, 2002. **Resumos...** Londrina: SBCPD; EMBRAPA Clima Temperado, 2002. p. 379.

PASINATTO, P.; FONTES, A.R.; ZAGONEL, J. Controle de plantas daninhas na cultura do milho com a mistura pronta de foramsulfuron + iodosulfurom methyl sodium isolada e em mistura com atrazina. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 23., Londrina, 2002. **Resumos...** Londrina: SBCPD; EMBRAPA Clima Temperado, 2002. p. 387.

PEREIRA, F.A.R.; OLIVEIRA, M.D.X. ; BAZONI, R.; BUSATO, C.A.C.; GOES, L.C. Estudo da seletividade de herbicidas em cultivares de milho (*Zea mays* L.), nas condições ambientais de Mato Grosso do Sul. **Ensaios e Ciência**, Campo Grande, v. 5, n. 2, p. 119-140, 2001.

PINTO, R.A.; ZAMBON, S.; SANCHEZ, G.A. Equip Plus, o pós-emergente do milho de amplo espectro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 23., Londrina, 2002. **Resumos...** Londrina: SBCPD; EMBRAPA Clima Temperado, 2002. p. 666.

SIEGELIN, S.D. **Timing of nicosulfuron and primisulfuron applications on corn (*Zea mays* L.) ear malformation**. 1993. 61p. Thesis (Master of Science in Weed Science) - Purdue University, West Lafayette, 1993.

SKORA NETO, F. Tolerância de híbridos de milho de ciclo precoce e normal ao herbicida Nicosulfuron. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 23., Londrina, 2002. **Resumos....** Londrina: SBCPD; EMBRAPA Clima Temperado, 2002. p. 357.

SILVA, A.A.; FERREIRA, F.A.; FERREIRA, L.R. **Biologia e controle de plantas daninhas**. Viçosa: UFV, DFT, 2002. 1 CD-ROM.

SPADER, V.; ANTONIAZZI, N. Avaliação da injúria causada por herbicidas em híbridos de milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 25., 2006, Brasília. **Resumos...**Brasília: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 2006. p. 289.

SPADER, V.; VIDAL, R.A. Seletividade e dose de injúria econômica de nicosulfuron aplicado em diferentes estádios de desenvolvimento da cultura do milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 6, p. 929-934, 2001.

SWEETSER, P.B.; SCHOW, G.S.; HUTCHENSON, J.M. Metabolism of chlorsulfuron by plants: biological basis for selectivity of a new herbicide for cereals. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, San Diego, v. 18, n. 1, p. 18-23, 1982.

ZAGONEL, J. Eficácia do herbicida mesotrione isolado e em mistura com atrazine no controle de plantas daninhas na cultura do milho em plantio direto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 23., 2002, Londrina. **Resumos...** Londrina: SBCPD; EMBRAPA Clima Temperado, 2002. p. 658.

4 SELETIVIDADE DO HERBICIDA NICOSULFURON PARA A CULTURA DO ARROZ

Resumo

O objetivo deste trabalho foi avaliar a seletividade do herbicida nicosulfuron em duas cultivares de arroz tolerante às imidazolinonas imazethapyr + imazapic (AHAS-tolerante). O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Produção Vegetal da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria - RS, no período compreendido de novembro de 2008 a janeiro de 2009, com duas cultivares de arroz irrigado AHAS-resistente submetidas a sete doses do herbicida nicosulfuron. Os tratamentos resultaram de esquema do tipo fatorial 2 x 8, em que duas foram as cultivares de arroz (IRGA 422 CL e Puitá CL INTA) e oito foram as doses de nicosulfuron (0; 6,25; 12,5; 25; 50; 100; 200 e 400 g i.a.ha⁻¹). As parcelas experimentais constaram de vasos plásticos com capacidade para 1,4 L, preenchidos com solo devidamente fertilizado. As cultivares foram semeadas diretamente nos vasos a 1,0 cm de profundidade e a aplicação dos tratamentos herbicidas foi realizada em condições de pós-emergência com as plantas de arroz em estágio fenológico de 2-3 folhas (BBCH 12-13). Foram realizadas avaliações visuais de sintomas de fitotoxicidade aos 15 e 20 dias após a aplicação do herbicida (DAA) e aos 20 DAA avaliou-se o comprimento da raiz e da parte aérea das plantas, número de plantas por parcela e massa seca de cada cultivar. Os dados foram submetidos à aplicação do teste 'F' na análise da variância posteriormente a aplicação de regressões não lineares do tipo log-logístico. A cultivar IRGA 422 CL tolerou maiores doses de nicosulfuron quando comparada à cultivar Puitá CL INTA.

Palavras-chave: Tolerância; *Oryza sativa* L.; Manejo; Controle químico

Abstract

The objective of this research was to evaluate the herbicide nicosulfuron selectivity in two rice cultivars tolerant to the imidazolinones imazethapyr + imazapic (AHAS-tolerant). The experiment was conducted in the greenhouse of the Department of Crop Science of the University of Santa Maria – RS, from November 2008 to January 2009, with two rice cultivars AHAS-resistant and seven rates of the herbicide nicosulfuron. The treatments were designed in a factorial scheme 2 x 8, in which two were the rice cultivars (IRGA 422 CL e Puita CL INTA) and eight were the rates of nicosulfuron ((0, 6.25, 12.5, 25, 50, 100, 200 and 400 g a.i. ha⁻¹). The experimental plots were constituted of plastics pots 1.4 L capacity, filled with adequately fertilized soil. The cultivars were seeded directly in the pots at 1.0 cm depth and the application of the herbicide treatments was done in post emergence conditions with the rice plants in the phenological stage of 2–3 leaves (BBCH 12-13). It was done visual phytotoxicity observations at 15 and 20 days after herbicide application (DAA) and at 20 DAA it was evaluated the root and shoot growth, number of plants per plot and dry biomass of each cultivar. The data were submitted to application of 'F' test in the analysis of variance

followed by application of non linear regression type log logistic. The cultivar IRGA 422 CL tolerated higher doses of nicosulfuron when compared to the cultivar Puita CL INTA.

Keywords: Tolerance; *Oryza sativa* L.; Management; Chemical control

4.1 Introdução

Anualmente, são cultivados cerca de 2,8 milhões de hectares de arroz no Brasil e a produção atinge, aproximadamente, 12,1 milhões de toneladas, sendo o Sul responsável por 70% da produção nacional com uma produção de 8,5 milhões toneladas, no Estado do Rio Grande do Sul a produção é de aproximadamente 7,3 milhões de toneladas representando 60% da produção nacional (FNP, 2009). Segundo Fleck et al. (2008), essa produtividade está aquém das obtidas em campos experimentais. Dentre as prováveis causas dessa situação destacam-se: uso de cultivares inadequados e de sementes de baixa qualidade, semeadura fora da época recomendada, manejo inadequado do solo e da água, adubação insuficiente e em época incorreta e, principalmente, controle deficiente de plantas daninhas.

O problema de maior relevância nesta cultura é representado pela elevada infestação por plantas daninhas, que ocorre na maioria das lavouras de arroz irrigado e, entre elas principalmente, o arroz vermelho (YOKOYAMA; RUCATTI; KLUTHCOUSKI, 1999), citado como principal entrave à elevação do rendimento de arroz em 80% dos municípios produtores do Rio Grande do Sul (MARCHEZAN, 1994). Esta planta daninha pertence à mesma espécie de arroz cultivado, com características morfológicas e fisiológicas similares (HOAGLAND, 1978), por isso seu controle é considerado difícil, sendo inviável o uso de herbicidas seletivos ao arroz (COBUCCI; NOLDIN, 1999).

Neste contexto, através de obtenção de cultivares de arroz tolerantes a herbicidas do grupo químico das imidazolinonas, notadamente aos herbicidas imazethapyr + imazapic, por indução à mutação (arroz mutado) foi possível utilizar uma ferramenta importante no controle de gramíneas, sobretudo o arroz vermelho, com cultivares seletivas a determinadas doses do herbicida cuja formulação comercial apresenta a mistura das imidazolinonas imazethapyr e imazapic, com controle superior a 80% de biótipos de arroz vermelho.

Estudos realizados nos Estados Unidos por Webster e Mansson (2001) e no Brasil por Fontana et al. (2007) que demonstram que as cultivares mutadas para tolerância ao gene AHAS (ALS-tolerante) também apresentam seletividade a outros herbicidas inibidores da ALS como o imazaquin e imazamox (grupo químico das imidazolinonas) e nicosulfuron, clorimuron e rimsulfuron (grupo químico das sulfoniluréias).

Em função da boa eficiência de controle de arroz vermelho (FONTANA et al., 2007), pelo herbicida nicosulfuron, há possibilidade de utilização deste herbicida como alternativa no sistema de cultivo de arroz mutado (sistema denominado Clearfield®) para controle desta infestante, a qual não é eficientemente controlada pelo herbicida registrado para o sistema (imazethapyr 75 g i.a. ha⁻¹ + imazapic 25 g.i.a.ha⁻¹ marca comercial Only®).

Atualmente, encontram-se registradas para o Brasil, as cultivares mutadas (CL – Clearfield) IRGA 422 CL, Puitá CL INTA, SCS 115 CL e Tuno CL com tolerância ao herbicida Only. Assim, torna-se necessário, estudar e quantificar a seletividade a doses do herbicida nicosulfuron pelas cultivares mutadas registradas para o Brasil.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a seletividade do herbicida nicosulfuron a cultivares de arroz AHAS-tolerante como IRGA 422 CL e Puitá CL INTA.

4.2 Material e Métodos

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Produção Vegetal da Universidade Federal de Santa Maria, em Santa Maria – RS – Brasil, no período compreendido de novembro de 2008 a janeiro de 2009. O experimento foi conduzido em vasos de polietileno de 1,4 L de capacidade, revestidos com sacos plásticos a fim de evitar perdas de água e herbicida no momento da irrigação. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso em esquema fatorial 2 x 8, com quatro repetições, em que duas foram as cultivares de arroz testadas (IRGA 422 CL e PuitáCL INTA) e oito as doses de nicosulfuron (0; 6,25; 12,5; 25; 50; 100; 200 e 400 g i.a.ha⁻¹).

O solo utilizado no experimento foi coletado em Santa Maria - RS, sendo classificado como Planossolo Hidromórfico Eutrófico arênico (EMBRAPA, 2006) com pH água de 4,7, 6,0 mg dm⁻³ de P₂O₅; 112 mg dm⁻³ de K₂O; 16% de argila, 1,6 % matéria orgânica, 2,2 Cmol. dm⁻³ de Ca, 2,0 Cmolc dm⁻³ de Mg e 1,7 Cmolc dm⁻³ de Al.

Foi adicionado 1200 g de solo nos vasos já revestidos com sacos plásticos. Para obter uma uniformidade de irrigação durante o ensaio, determinou-se a umidade gravimétrica conforme manual de métodos análises de solo (EMBRAPA, 1997) no momento do preenchimento do solo nos vasos, para determinar a massa seca real de solo contido no vaso, obtendo-se uma umidade no solo de 4,78%.

A adubação do solo foi realizada conforme o resultado da análise química e seguindo as recomendações para a cultura do arroz irrigado. A cada 100 kg de solo foi adicionado 15 g de uréia, 10 g de superfosfato simples e 5 g de cloreto de potássio. Após a aplicação dos fertilizantes, o solo foi homogeneizado através de um misturador centrífugo.

A semeadura nos vasos ocorreu no dia 22 de novembro de 2007, a uma profundidade de 1,0 cm. A aplicação dos tratamentos herbicidas em condições de pós-emergência das plantas de arroz ocorreu no dia 05 de dezembro de 2007, com as plantas de arroz apresentavam em estágio fenológico de 2-3 folhas expandidas (BBCH 12 - 13). No momento da aplicação dos tratamentos, os parâmetros meteorológicos médios foram: temperatura média de 23,8°C, umidade relativa média do ar 60%, céu aberto e ventos de 2,5 km h⁻¹. Utilizou-se pulverizador costal pressurizado por CO₂, acoplado a uma lança de pulverização com uma ponta do tipo leque Teejet TT (jato plano), XR 110.02, calibrado para um volume de calda proporcional a 200 L ha⁻¹.

Após a aplicação os vasos permaneceram em área coberta fora da casa de vegetação por 24 horas para evitar a contaminação entre tratamentos através da volatilização do herbicida. Após este período os vasos retornaram para a estufa, onde permaneceram em ambiente protegido, recebendo irrigação a cada dois dias. As condições climáticas médias durante o período de condução do experimento foram temperatura de 25°C e umidade relativa do ar de 58%.

Foram realizadas avaliações visuais de fitointoxicação aos 15 e 20 Dias Após a Aplicação (DAA). Para tanto, foi atribuído 0% no caso da ausência de sintomas

causados pelo herbicida e 100% para a morte das plantas. Aos 20 DAA foi realizada a contagem do número de plantas por parcela; a coleta das plantas, para determinação do comprimento de raiz (COMP RA), comprimento da parte aérea (COMP PA) e massa seca (MS) de cada cultivar separadamente. A massa seca foi obtida a partir da colheita do material vegetal da parte aérea e das raízes das plantas nas parcelas, com posterior secagem em estufa a 60°C até massa constante.

Todos os dados foram submetidos à aplicação do teste 'F' na análise da variância para a verificação das interações entre os fatores, e posteriormente, para as interações significativas, os dados foram ajustados ao modelo de regressão não-linear do tipo log-logístico, usando-se o modelo proposto por Seefeldt, Jensen e Fuerst (1995), (eq. 1);

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

Em que: y = comprimento de raiz, comprimento da parte aérea, massa seca ou fitotoxicidade aos 20 DAA; x = dose do herbicida em g i.a ha⁻¹; a , b , c e d = parâmetros da curva, de modo que a é o limite inferior da curva, b é a diferença entre o ponto máximo e mínimo da curva, c é a dose que proporciona 50% de resposta da variável e d é a declividade da curva ao redor de c .

4.3 Resultados e Discussão

Aos 15 DAA não foram visualizados sintomas fitotóxicos na parte aérea das plantas de arroz (dados não apresentados). Neste sentido, para obtenção das curvas de dose-resposta, foram utilizados os resultados de fitointoxicação aos 20 DAA, quando já eram visualizadas as injúrias provocadas pelos tratamentos, nas cultivares de arroz IRGA 422 CL e Puitá CL INTA.

Trezzi e Vidal (2001) relataram que o modo de ação dos herbicidas deste grupo químico, provoca interrupção do crescimento das plantas dentro de poucas horas após a aplicação. Porém, somente após 10 a 15 dias, os tecidos meristemáticos tornam-se

cloróticos e, posteriormente, provocam necrose foliar. Esta lenta ação do herbicida, só é visualizada quando efetivamente as plantas entram em senescência em um período não superior a 15 dias para sulfoniluréias.

O teste F sobre a análise da variância para os dados avaliados aos 20 DAA, indicou significância (5%) do fator herbicida, do fator cultivar e também da interação fatorial entre herbicida e cultivar para as variáveis fitointoxicação, comprimento de raiz, comprimento da parte aérea e massa seca analisadas no trabalho. Não sendo significativo para a variável número de plantas por parcela (Tabela 13), o que justificou a decomposição da interação com a análise de curvas de dose-resposta. Com a aplicação de regressões não-lineares sobre os dados obtidos no experimento, foram definidos os parâmetros *a*, *b*, *c* e *d* da equação log-logística (SEEFELDT et al., 1995), que estão apresentados na Tabela 14. A partir desses parâmetros puderam ser calculados os valores de GR50 para as duas cultivares de arroz, em todas as variáveis analisadas exceto para a variável número de plantas por parcela (Tabela 13).

Tabela 13 - Número de plantas por parcela das cultivares IRGA 422 CL e Puíta INTRA CL submetidas a diferentes doses do herbicida nicosulfuron. Santa Maria - RS, 2009

Doses (i.a. g ha¹)	Cultivares	
	IRGA 422 CL	Puíta INTRA CL
0	9,25	9,25
6,25	9,00	8,75
12,5	8,50	9,00
25	8,25	9,00
50	8,75	7,75
100	7,00	7,75
200	9,25	8,50
F_{int}	0,413^{NS}	
F_{doses}	1,92^{NS}	
CV (%)	17,75	
DMS	3,35	

NS = não significativo pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade.

Comparando as cultivares presentes no experimento, nota-se que os valores de GR_{50} encontrados para Puíta INTRA CL foram inferiores aos observados para IRGA 422 CL, ou seja, para obtenção de um dado controle é necessária a aplicação de menos produto sobre a cultivar IRGA 422 CL, em relação à Puíta INTRA CL (Tabela 14). Estes resultados foram obtidos através do C_{50} ou GR_{50} (dose do herbicida em g i.a.ha⁻¹ necessária para proporcionar 50% de controle – ‘C’ ou redução do crescimento ‘GR’ da planta daninha) (CHRISTOFFOLETI, 2002; CHRISTOFFOLETI; LÓPEZ-OVEJERO, 2008).

Na Tabela 14 pode-se observar que os valores do parâmetro GR_{50} obtidos para Puíta INTRA CL, para todas as variáveis foram inferiores a 45 g ha⁻¹. O maior GR_{50} obtido foi para a variável fitointoxicação, com o valor de 44,8 g ha⁻¹. Isso significa que é necessária uma dose de 44,8 g ha⁻¹ do herbicida nicosulfuron para proporcionar 50% de fitointoxicação. Para a cultivar IRGA 422 CL para todas as variáveis o GR_{50} foi inferior a 83 g ha⁻¹, sendo que o maior valor obtido foi para a variável comprimento da parte aérea (cm), igual a 82,63 g i.a. ha⁻¹.

Verifica-se que para obter-se 50% de redução da massa seca do cultivar IRGA 422 CL foram necessários 60,92 g i.a.ha⁻¹ de nicosulfuron, enquanto que para o cultivar Puíta CL INTA este mesmo efeito biológico foi obtido com a dose de 40,71 g i.a.ha⁻¹ de nicosulfuron. A análise conjunta dos valores de GR_{50} permite concluir que a cultivar IRGA 422 CL é mais tolerante a aplicações de nicosulfuron que a Puíta INTRA CL (Tabela 14).

Tabela 14 – Parâmetros do modelo logístico¹, valores da dose que obteve 50% de redução do crescimento (GR₅₀), coeficientes de determinação (R²) e teste F da curva para os cultivares de arroz IRGA 422 CL e Puíta INTRA CL, submetidas a diferentes doses do herbicida nicosulfuron. Santa Maria - RS, 2009

Espécies	Parâmetros - Modelo Logístico				GR ₅₀	R ²	F
	a	b	c	d			
Cultivar IRGA 422 CL							
FITO ²	4,945	95,654	62,153	-3,331	65,08	0,99	141,598
COMP RA ³	1,800	12,873	56,031	2,024	58,54	0,99	158,794
COMP A ⁴	0,454	25,066	79,370	1,256	82,63	0,98	75,632
MS ⁵	0,055	0,938	53,120	1,823	60,92	0,97	43,479
Cultivar Puíta INTRA CL							
FITO ²	2,644	100,278	45,554	-2,271	44,875	0,99	108,895
COMP RA ³	0,864	15,279	41,832	1,463	43,625	0,99	122,228
COMP A ⁴	2,457	25,614	37,879	1,414	39,458	0,99	150,220
MS ⁵	0,078	1,036	36,115	1,623	40,708	0,99	297,032

¹ Modelo: $y = P_{\min} + (a/(1+(x/b)^c))$. ² fitointoxicação; ³ Comprimento da raiz; ⁴ Comprimento da parte aérea; ⁵ Massa seca.

As curvas de dose-resposta para fitointoxicação (%), massa seca (g. parcela⁻¹), comprimento da parte aérea (cm) e comprimento das raízes (cm) às doses de nicosulfuron apresentam-se nas Figuras de 1 a 4, respectivamente. Os resultados foram adequadamente ajustados ao modelo log-logístico. A aplicação do teste F ao modelo indicou significância das equações, apresentando coeficientes de determinação elevados (Tabela 14).

Na Figura 1 pode ser observado ajuste obtido para fitointoxicação das cultivares. A cultivar Puíta INTRA CL se mostrou mais sensível ao herbicida nicosulfuron que a cultivar IRGA 422 CL. A dose do produto de 50 g ha⁻¹ apresentou sintomas fitotóxicos inferior a 40% e 60% para as cultivares IRGA 422 CL e Puíta INTRA CL.

Figura 1 - Fitointoxicação (%) das cultivares de arroz IRGA 422 CL e Puíta INTRA CL submetidas a diferentes doses do herbicida nicosulfuron. Santa Maria - RS, 2009

A variável massa seca das cultivares está em concordância com os resultados de fitointoxicação. A massa seca foi reduzida com o incremento na dose do herbicida estudado, sendo o efeito negativo mais evidente no cultivar Puíta INTRA CL, que apresentou menor produção de massa seca, comparativamente ao cultivar IRGA 422CL (Figura 2).

Figura 2 - Massa seca (g. planta⁻¹) das cultivares de arroz IRGA 422 CL e Puíta INTRA CL submetidas a diferentes doses do herbicida nicosulfuron. Santa Maria - RS, 2009

Os resultados obtidos para massa seca, corroboram com aqueles encontrados por Fontana et al. (2007) para o cultivar IRGA 422 CL. Estes pesquisadores também verificaram tolerância deste cultivar a doses de herbicida nicosulfuron, sendo que as plantas após sofrerem danos provocados pela ação do herbicida se recuperaram paulatinamente.

O comprimento da parte aérea e comprimento das raízes foram reduzidos com o incremento da dose do herbicida nicosulfuron (Figuras 3 e 4). Essa redução foi mais evidente no cultivar Puíta INTRA CL corroborando com os dados de fitointoxicação e massa seca.

Figura 3 - Comprimento da parte aérea (cm) das cultivares de arroz IRGA 422 CL e Puíta INTRA CL submetidas a diferentes doses do herbicida nicosulfuron. Santa Maria - RS, 2009

Figura 4 - Comprimento das raízes (cm) das cultivares de arroz IRGA 422 CL e Puíta INTRA CL submetidas a diferentes doses do herbicida nicosulfuron. Santa Maria - RS, 2009

4.4 Conclusões

Os resultados experimentais e a análise da variância permitem inferir que há diferença estatística significativa entre os cultivares IRGA 422 CL e Puitá CL INTA e entre as doses do herbicida nicosulfuron avaliadas em relação aos parâmetros fitointoxicação, comprimento de raiz, comprimento da parte aérea e massa seca, permitindo afirmar que o cultivar IRGA 422 CL apresentou maior tolerância a doses do herbicida nicosulfuron que o cultivar Puitá CL INTA que apresentou maior suscetibilidade. Esta informação necessita de validação em nível de campo e futuras experimentações.

Referências

COBUCCI, T.; NOLDIN, J.A. Plantas daninhas e seu controle. In: VIEIRA, N.R.A.; SANTOS, A.B.; SANT'ANA, E.P. **A cultura do arroz no Brasil**. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA Arroz e Feijão, 1999. p. 375-415.

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.

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

_____. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação dos Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

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.

FNP CONSULTORIA & COMÉRCIO. **AGRIANUAL**: anuário da agricultura brasileira. São Paulo, 2009. 497 p.

FONTANA, L.C.; AGOSTINETTO, D.; PINTO, J.J.O.; ROSENTHAL, M.D.; RIGOLI, R.P.; FIGUEREDO, S.S. Controle de arroz-vermelho (*Oryza sp.*) com o herbicida nicosulfuron ou a mistura formulada de imazethapyr + imazapic. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n. 4, p. 783-790, 2007.

HOAGLAND, R.E. Isolation and properties of an aryl acylamidase from red rice, *Oryza sativa* L., that metabolizes 3', 4'-dichloropropionamide. **Plant Cell Physiology**, Tokyo, v. 19, p. 1019-1029, 1978.

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

SEEFELDT, S.S.; JENSEN, J.E.; FUERST, E.P. Loglogistic analysis of herbicide dose-response relationships. **Weed Technology**, Champaign, v. 9, n. 2, p. 218-225, 1995.

TREZZI, M.M.; VIDAL, R.A. Herbicidas inibidores da ALS. In: VIDAL, R.A.; MEROTTO JR., A. (Ed.). **Herbicidologia**. Porto Alegre: Gaúcha, 2001. p. 25- 36.

YOKOYAMA, L.P.; RUCATTI, E.G.; KLUTHCOUSKI, J. Economia da produção: Conjuntura, mercado e custos. In: VIEIRA, N.R.A.; SANTOS, A.B.; SANT'ANA, E.P. **A cultura do arroz no Brasil**. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA Arroz e Feijão, 1999. p. 36-57.

WEBSTER, E.P.; MASSON, J.A. Acetolactate synthase-inhibiting herbicides on imidazolinone-tolerant rice. **Weed Science**, Lawrence, v. 49, n. 5, p. 652-657, 2001.

5 CONCLUSÕES GERAIS

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

- (i) Os tratamentos com nicosulfuron em mistura com a atrazina nas doses de 20 + 1500 e 40 + 3000 g ha⁻¹ não causou redução de produtividade em nenhum dos híbridos de milho testados;
- (ii) O tratamento nicosulfuron + atrazina a 20 + 1500 g ha⁻¹ foi o mais seletivo para todos os híbridos de milho testados;
- (iii) Os híbridos de milho que apresentaram tolerância a todos os tratamentos herbicidas testados, apesar dos sintomas fitotóxicos iniciais e que não mostraram reduções de produtividade, foram DKB 370, AG 9040, AS 1551 e BM 620;
- (iv) As doses de nicosulfuron a 50 e 60 g ha⁻¹ foram as mais fitotóxicas dos experimentos, os híbridos DKB 990, AG 6020, AS 1572, SWB 585, BX 1149 e BM 128 apresentaram redução de produção;
- (v) Para os híbridos AG 6020 e SWB 585 ocorreu diferenças de produtividade entre os tratamentos de nicosulfuron a 50 e 60 g ha⁻¹, o que indica alta suscetibilidade ao nicosulfuron;
- (vi) O cultivar de arroz IRGA 422 CL, apresentou maior tolerância a doses do herbicida nicosulfuron que o cultivar Puitá CL INTA que apresentou maior suscetibilidade.