

ALTERNATIVAS DE CONTROLE QUÍMICO DE JUNQUINHO RESISTENTE AOS HERBICIDAS INIBIDORES DA ALS**ALTERNATIVES FOR CHEMICAL CONTROL OF RICE FLATSEEDGE RESISTANT TO ALS-INHIBITING HERBICIDES**Diego Martins Chiapinotto^{a*}, Carlos Eduardo Schaedler^b, Fabiane Pinto Lamego^c, André Andres^c, André Limana Tambara^d, Wagner Luiz Jaskulski^d.^aDepartamento de Fitossanidade, Universidade Federal de Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil. ^bDepartamento de Pesquisa, Ensino e Extensão, Instituto Federal Sul-Rio-Grandense, Rio Grande do Sul, Brasil. ^cDepartamento de Pesquisa, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Rio Grande do Sul, Brasil. ^dDepartamento de Agronomia, Universidade Federal do Pampa, Rio Grande do Sul, Brasil.

*Autor correspondente: diego-chiapinotto@hotmail.com.

INFORMAÇÕES DO ARTIGO**Histórico do artigo:**

Recebido: 12 Janeiro 2019.

Aceito: 03 Junho 2019.

Publicado: 25 Agosto 2019

Palavras-chave/Keywords:

Biótipo Resistente/Resistant Biotype.

Cyperus Iria/Cyperus Iria.

Manejo/Management.

*Oryza Sativa/Oryza Sativa.***Financiamento:**

Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do RS (FAPERGS).

Direito Autoral: Este é um artigo de acesso aberto distribuído sob os termos da Licença Creative Commons, que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor e a fonte originais sejam creditados.**Citação deste artigo:**CHIAPINOTTO, D. M.;
SCHAEDLER, C. E.; LAMEGO, F.
P.; ANDRES, A.; TAMBARA, A. L.;
JASKULSKI, W. L. Alternativas de
controle químico de junquinho
resistente aos herbicidas inibidores da
ALS. **Revista Brasileira de
Herbicidas**, v. 18, n. 2. 2019.**RESUMO**

Cyperus iria L. (CYPIR) é uma das principais ciperáceas ocorrentes em lavouras de arroz irrigado. Durante muitos anos, os herbicidas inibidores da enzima acetolactato sintase (ALS) foram a principal ferramenta para controle de CYPIR, favorecendo a seleção de biótipos com resistência cruzada. Com base no nível de resistência, é necessária a adoção de medidas de controle químico alternativo a fim de evitar a evolução da resistência e reduzir a interferência sobre a cultura. O objetivo desse trabalho foi avaliar alternativas de controle químico de CYPIR com resistência cruzada aos herbicidas inibidores da ALS, ocorrente em lavouras de arroz irrigado no Sul do Brasil. Dois experimentos foram conduzidos em casa de vegetação, em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições. Os herbicidas utilizados foram: imazethapyr; formulação de imazapyr+imazapic; bentazon; propanil; formulação de bentazon+imazamox; mistura de (bentazone + imazamox) + (imazapyr + imazapic); associação de bentazone + formulação de (imazapyr + imazapic); glyphosate; e testemunha sem herbicida. A avaliação do controle foi realizada em biótipo resistente (CYPIR-R) e suscetível (CYPIR-S), e a fitotoxicidade avaliada nas cultivares Guri Inta CL, IRGA 424 RI e IRGA 409. Aos 28 dias após aplicação (DAA) foi avaliado o controle/ fitotoxicidade e a matéria seca da parte aérea (MSPA). Todos os tratamentos testados, com exceção do imazethapyr e formulação de imazapyr+imazapic isolados, foram eficientes. Há alternativas para o controle químico de *Cyperus iria* resistente aos inibidores da ALS e esses, quando associados com produtos que apresentam mecanismo de ação diferentes, não inviabilizam o uso da tecnologia ClearField[®].

ABSTRACT

Cyperus iria L. (CYPIR) is one of the main cyperaceae occurring in irrigated rice crop. For many years, acetolactate synthase inhibitor herbicides (ALS) were the main tool to control CYPIR, favoring the selection of cross-resistance biotypes. Based on the level of resistance, it is necessary to adopt alternative chemical control measures in order to avoid the evolution of the resistance and to reduce the interference on the crop. The aim of this work was to evaluate alternatives of chemical control of CYPIR to ALS-inhibiting herbicides, occurring in irrigated rice crops in southern Brazil. There were conducted two experiments in greenhouse, arranged in completely randomized design with four replicates. The herbicides used were: imazethapyr; imazapyr+imazapic formulation; bentazon; propanil; formulation of bentazon+imazamox; mixture of (bentazone + imazamox) + (imazapyr + imazapic); association of bentazone + (imazapyr + imazapic); glyphosate; and control without herbicide. The control evaluation was performed in a resistant (CYPIR-R) and susceptible (CYPIR-S) biotype, and the phytotoxicity evaluated in the Guri Inta CL, IRGA 424 RI and IRGA 409 cultivars. At 28 days after application (DAA) the control / phytotoxicity and shoot dry matter (SDM) were evaluated. All treatments tested, except for imazethapyr and imazapyr+imazapic applied in isolation, were efficient. There are alternatives to the chemical control of *Cyperus iria* resistant to ALS-inhibiting herbicides and these, when associated with products that have different mechanisms of action, do not impair the use of ClearField[®] technology.

1. Introdução

A competição entre plantas daninhas e cultivadas é uma das principais causas de perdas na produtividade agrícola (SHIVRAIN et al., 2010). Em áreas de arroz irrigado, *Cyperus iria* L. (junquinho) é uma das principais plantas daninhas da cultura, com ampla distribuição e ocorrência em diversas áreas cultivadas do Estado do Rio Grande do Sul, interferindo na produtividade e causando prejuízos econômicos em função das altas infestações da espécie (CHAUHAN; JOHNSON, 2010; AWAN et al., 2015; NUNES et al., 2018).

O manejo químico de ciperáceas na cultura do arroz é essencial para evitar danos econômicos, sendo realizado em sua maioria pelos herbicidas inibidores da enzima acetolactato sintase (ALS) (DAL MAGRO et al., 2010). Na agricultura, os inibidores da ALS são fundamentais para o controle de diversas plantas daninhas, fornecendo atividade foliar, residual no solo e amplo espectro de controle (GREEN; OWEN, 2011). No entanto, o uso de herbicidas com o mesmo mecanismo de ação é fator determinante na seleção de biótipos resistentes (NORSWORTHY et al., 2012). Para plantas daninhas, a resistência cruzada consiste na capacidade de alguns biótipos sobreviverem e se reproduzirem após a exposição de herbicidas pertencentes a grupos químicos distintos, mas tendo como alvo o mesmo local de ação (DENG et al., 2014).

A ocorrência de biótipos de *C. iria* com resistência cruzada aos inibidores da ALS foi identificada pela primeira vez em 2010, nos Estados Unidos (RIAR et al., 2015). No Brasil, o primeiro caso oficial de resistência na cultura do arroz irrigado ocorreu em 2014, com biótipos de *C. iria* apresentando elevados níveis de resistência (fator de resistência ≥ 10) aos herbicidas pyrazosulfuron-ethyl, imazethapyr, penoxsulam e bispyribac-sodium (CHIAPINOTTO et al., 2017). Esses herbicidas pertencem aos principais grupos de inibidores da ALS em uso no país: sulfonilureas, imidazolinones, triazolopyrimidines e pirimidinyl(thio)benzoates (YU; POWLES, 2014).

Com base no nível de resistência, deve-se adotar medidas de controle como a utilização de herbicidas com mecanismo de ação alternativo (MARIANI et al., 2016). Além disso, essa estratégia permite o manejo de plantas daninhas resistentes com rotações, associações ou aplicações sequenciais de herbicidas (BECKIE; TARDIF, 2012). A mistura de herbicidas tem sido estratégia eficiente no controle de biótipos resistentes, pois expõe a planta a múltiplos mecanismos de ação (EVANS et al., 2016).

O objetivo desse trabalho foi avaliar alternativas de controle químico de *Cyperus iria* com resistência cruzada aos herbicidas inibidores da ALS, ocorrente em lavouras de arroz irrigado no Sul do Brasil.

2. Material e Métodos

Os experimentos foram conduzidos em casa de

vegetação entre novembro de 2016 e abril de 2017 durante o ciclo do arroz, em delineamento experimental inteiramente casualizado com quatro repetições. Vasos com capacidade volumétrica de 0,3 L contendo Plintossolo Háplico (EMBRAPA, 2013) foram as unidades experimentais. A análise do solo evidenciou pH = 4,8; CTC_{pH7,0} = 15,6 cmolc dm⁻³; M.O. = 1,7%; teor de argila = 21%; fósforo (P) = 6,8 mg dm⁻³; potássio (K) = 48 mg dm⁻³, sendo previamente corrigido.

As plântulas oriundas das sementes de *C. iria* com resistência cruzada aos herbicidas inibidores da ALS (CYPIR-R) e sementes de *C. iria* suscetível (CYPIR-S) foram utilizadas para avaliar o controle (CHIAPINOTTO et al., 2017). A fitotoxicidade foi avaliada também em duas cultivares de arroz (Guri Inta CL e IRGA 424 RI). As plântulas foram obtidas após a semeadura das sementes em bandejas, contendo solo peneirado e esterilizado em autoclave por 1h a 121°C, mantidas previamente em “floating” com lâmina de água de 10 cm. Dez dias após emergência (DAE), as plântulas foram transplantadas para as unidades experimentais (uma por vaso) perfuradas (irrigação por capilaridade), contendo solo peneirado. As cultivares de arroz foram semeadas diretamente nas unidades plásticas, cinco dias antes do transplante dos biótipos de CYPIR, para coincidirem os estádios no momento da aplicação. As unidades foram mantidas em bandejas, contendo lâmina d’água constante.

Os herbicidas avaliados foram: imazethapyr (Imazetapir Plus Nortox, 106 g L⁻¹ i.a., SL, Nortox); formulação comercial de imazapyr + imazapic (Kifix[®], 525 + 175 g Kg⁻¹ i.a., WG, Basf); bentazon (Basagran[®] 600, 600 g L⁻¹ i.a., SL, Basf); propanil (Stam[®] 800 WG, 800 g Kg⁻¹ i.a., WG, UPL); formulação de bentazon + imazamox (Ampl[®], 600 + 25 g L⁻¹ i.a., SL, Basf); mistura de formulações de bentazon + imazamox (Ampl[®], 600 + 25 g L⁻¹ i.a., SL, Basf) + formulação de imazapyr + imazapic (Kifix[®], 525 + 175 g L⁻¹ i.a., WG, Basf); associação de bentazon (Basagran[®] 600, 600 g L⁻¹ i.a., SL, Basf) + formulação de imazapyr + imazapic (Kifix[®], 525 + 175 g Kg⁻¹ i.a., WG, Basf); glyphosate (Crucial[®], 540 g L⁻¹ e.a., SL, Nufarm) comparados com a testemunha sem aplicação (Tabela 1). O volume de calda (AGROFIT, 2017) foi 200; 100; 100; 400; 200; 200; 100 e 100 L ha⁻¹, respectivamente.

A aplicação dos herbicidas foi realizada em plantas com até 3 folhas, utilizando pulverizador pressurizado a CO₂, munido de pontas de pulverização tipo leque, modelo XR 110.015 (espaçadas a 0,5 m), calibrado para aspergir 100 L ha⁻¹ e pressão de trabalho de 250 kPa. A aplicação teve duração de 1 hora, com temperatura média de 27 °C, umidade relativa do ar (URA) de 70% e velocidade média do vento de 1,23 m s⁻¹.

A diagnose visual de controle foi realizada aos 28 dias após aplicação (DAA), observando-se o desenvolvimento de clorose comparada com a testemunha, utilizando-se a escala percentual onde 0% representou ausência de sintoma causado pelo herbicida e, 100% a morte

total das plantas. Aos 28 DAA, a matéria seca da parte aérea (MSPA, g planta⁻¹) foi obtida após corte das plantas remanescentes com secagem em estufa de ar forçado a 60 °C por 72h e pesagem em balança analítica.

Entre março-abril de 2017 o experimento foi repetido, seguindo o mesmo procedimento, avaliando-se as variáveis mencionadas. Porém, foi alterado o cultivar Guri Inta CL pelo cultivar BR IRGA 409 (com objetivo de avaliar diferentes cultivares, tanto convencional e que empregam a tecnologia CL). A aplicação teve duração de 1h, com temperatura de 26,5 °C, URA 70,5% e velocidade do vento de 1,45 m s⁻¹.

Os dados obtidos foram analisados quanto à normalidade e homogeneidade e, submetidos à análise de variância (p≤0,05). Caso constatada significância estatística, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Fischer (p≤0,05).

3. Resultados e Discussão

Os resultados obtidos constataram diferença entre o biótipo de *Cyperus iria* resistente (CYPIR-R), biótipo suscetível (CYPIR-S) e cultivares de arroz irrigado em resposta aos diferentes tratamentos químicos. O biótipo de CYPIR-R mostrou-se suscetível ao controle químico, exceto quando tratado com herbicidas inibidores da ALS, aplicados de forma isolada. A variável controle aos 28 dias após aplicação (DAA), em ambos os experimentos (I-2016 e II-2017), indicou que os tratamentos com herbicidas que apresentam outros mecanismos de ação são eficientes no controle de ambos os biótipos na cultura do arroz irrigado, aplicados isolados, formulação comercial ou em mistura com os ALS (Tabela 2).

Tabela 1. Herbicidas utilizados para o controle químico de *Cyperus iria* com resistência cruzada aos inibidores da ALS, classificados por ingrediente ativo e/ou equivalente ácido, mecanismo de ação (HRAC, 2010) e dose recomendada de registro (AGROFIT, 2017).

Ingrediente ativo (i.a.) ou Equivalente ácido (e.a.)	Mecanismo de ação	Dose (g i.a. ha ⁻¹ ou g e.a. ha ⁻¹)
Imazethapyr ¹	ALS ²	106
(imazapyr+imazapic) ¹	ALS ²	(73,50 + 24,50)
Bentazon ²	FS II ³	960
Propanil ³	FS II	3600
(bentazon+imazamox) ²	FS II + ALS	(750 + 35)
(bentazon+imazamox)+(imazapyr+imazapic) ¹	(FS II + ALS) + ALS	(750 + 35) + (73,50 + 24,50)
bentazon+(imazapyr + imazapic) ¹	FS II + (ALS + ALS)	960 + (73,50 + 24,50)
glyphosate*	EPSPs	1080*
propanil + triclopyr*	FS II + Auxina sint.	(2280+240*)

¹ Com adjuvante Dash HC 0,5%. ² Com adjuvante Assist[®] 0,5%. ³ Não recomendado no controle de *Cyperus iria*. *Equivalente ácido (g e.a. ha⁻¹).

Para a mesma variável, todas as cultivares de arroz (Guri Inta CL, BR IRGA 409 e IRGA 424 RI) apresentaram fitotoxicidade ao herbicida glyphosate (Tabela 2, experimento I e II). A cultivar IRGA 424 RI apresentou fitotoxicidade ao propanil e à mistura dos herbicidas [bentazon + (imazapyr + imazapic)] – experimento I e II, respectivamente. A cultivar BR IRGA 409 apresentou fitotoxicidade a todos os tratamentos utilizados com inibidores da ALS, aplicados de forma isolada e em mistura com outros ingredientes ativos (experimento II).

A variável matéria seca da parte aérea (MSPA), avaliada aos 28 DAA em ambos os experimentos (I-2016 e II-2017), corrobora com os resultados obtidos para o

controle da espécie. Os tratamentos químicos, empregando herbicidas que apresentam mecanismos de ação diferentes aos dos inibidores da ALS, reduziram a MSPA de ambos os biótipos de CYPIR (Tabela 3). Houve redução de MSPA para as cultivares de arroz (Guri, BR IRGA 409 e IRGA 424 RI) em resposta ao herbicida glyphosate (experimento I e II). A mistura dos herbicidas [bentazon + (imazapyr + imazapic)] causou redução de MSPA na cultivar IRGA 424 RI (experimento II). Para a cultivar BR IRGA 409 houve redução de MSPA a todos os tratamentos com herbicidas inibidores da ALS, tanto aplicados de forma isolada como em mistura com outros ingredientes ativos (Tabela 3, experimento II).

Tabela 2. Controle (%) de *Cyperus iria* resistente (CYPIR-R), *C. iria* suscetível (CYPIR-S) e fitotoxicidade (%) de cultivares de arroz irrigado (Guri Inta CL e IRGA 424 RI – Experimento I; BR IRGA 409 e IRGA 424 RI – Experimento II), 28 dias após aplicação, em resposta a diferentes tratamentos herbicidas. Experimento I (2016) e experimento II (2017).

Tratamentos Experimento I	Controle de <i>C. iria</i> e fitotoxicidade cultivares de arroz (%)			
	CYPIR R	CYPIR S	Guri	424 RI
Bentazon	A ¹ 99,70 a	A 100,00 a ¹	B 1,00 b	B 0,25 c
(Bentazon + imazamox)	A 100,00 a	A 100,00 a	B 0,00 b	B 0,00 c
(Bentazon + imazamox) + (Imazapyr + imazapic)	A 100,00 a	A 99,70 a	B 0,00 b	B 0,00 c
Bentazon + (imazapyr + imazapic)	A 99,50 a	A 99,70 a	B 2,00 b	B 7,25 bc
Glyphosate	A 99,30 a	A 100,00 a	A 96,00 a	A 96,50 a
Propanil	A 100,00 a	A 100,00 a	B 3,25 b	B 9,75 b
Imazapir + imazapic	B 11,00 b	A 97,70 a	B 3,75 b	B 6,25 bc
Imazethapyr	B 0,00 c	A 96,70 a	B 0,00 b	B 0,00 c
Testemunha	A 0,00 c	A 0,00 b	A 0,00 b	A 0,00 c
CV	11,23			
Tratamentos Experimento II	Controle de <i>C. iria</i> e cultivares de arroz (%)			
	CYPIR R	CYPIR S	409	424 RI
Bentazon	A ¹ 100,00a	A 100,00 a ¹	B 0,00 e	B 0,00 d
(Bentazon + imazamox)	A 100,00 a	A 100,00 a	B 33,00 d	C 1,00 d
(Bentazon + imazamox) + (Imazapyr + imazapic)	A 100,00 a	A 100,00 a	B 88,25 bc	C 16,75 b
Bentazon + (imazapyr + imazapic)	A 100,00 a	A 100,00 a	B 81,25 c	C 1,25 d
Glyphosate	A 100,00 a	A 100,00 a	A 99,75 a	A 99,50 a
Propanil + triclopyr	A 97,00 a	A 100,00 a	C 2,50 e	B 7,00 cd
Propanil	B 87,75 b	A 99,00 a	D 0,00 e	C 8,25 c
Imazapir + imazapic	B 0,00 c	A 90,25 b	A 89,75 b	B 0,00 d
Imazethapyr	B 0,00 c	A 85,50 c	A 83,00 c	B 0,00 d
Testemunha	A 0,00 c	A 0,00 d	A 0,00 e	A 0,00 d
CV	5,92			

¹ Médias seguidas de mesma letra, antecedidas de maiúscula nas linhas e seguidas de minúscula nas colunas, não diferem estatisticamente pelo teste DMS de Fischer ($p \leq 0,05$).

Tabela 3. Redução da matéria seca da parte aérea (MSPA – g planta⁻¹) de *Cyperus iria* resistente (CYPIR-R), *C. iria* suscetível (CYPIR-S) e cultivares de arroz irrigado (Guri Inta CL e IRGA 424 RI – Experimento I; BR IRGA 409 e IRGA 424 RI – Experimento II), 28 dias após aplicação, em resposta a diferentes tratamentos herbicidas. Experimento I (2016) e experimento II (2017).

Tratamentos Experimento I	Redução de MSPA (g planta ⁻¹)			
	CYPIR R	CYPIR S	Guri	424 RI
Bentazone	A ¹ 0,00 c	A 0,00 b ¹	B 0,57 cd	C 0,99 a
(Bentazone + imazamox)	A 0,00 c	A 0,00 b	B 0,63 c	C 0,86 b
(Bentazone + imazamox) + (Imazapyr + imazapic)	A 0,00 c	A 0,01 b	B 0,67 c	C 0,95 a
Bentazone + (imazapyr + imazapic)	A 0,01 c	A 0,01 b	C 0,89 ab	B 0,57 cd
Glyphosate	A 0,01 c	A 0,00 b	A 0,03 e	A 0,03 e
Propanil	A 0,00 c	A 0,00 b	C 0,97 a	B 0,48 d
Imazapir + imazapic	B 0,66 b	A 0,02 b	C 0,93 a	B 0,63 c
Imazethapyr	C 1,28 a	A 0,03 b	B 0,81 b	B 0,82 b
Testemunha	B 0,64 b	D 1,07 a	A 0,51 d	C 0,86 b
CV	16,70			
Tratamentos Experimento II	Redução de MPAS (g planta ⁻¹)			
	CYPIR R	CYPIR S	409	424 RI
Bentazone	A ¹ 0,00 d	A 0,00 c ¹	C 0,40 a	B 0,31 a
(Bentazone + imazamox)	A 0,00 d	A 0,00 c	B 0,15 d	C 0,24 b
(Bentazone + imazamox) + (Imazapyr + imazapic)	A 0,00 d	A 0,00 c	B 0,12 e	C 0,24 b
Bentazone + (imazapyr + imazapic)	A 0,00 d	A 0,00 c	B 0,09 f	C 0,21 c
Glyphosate	A 0,01 d	A 0,00 c	AB 0,03 h	B 0,04 d
Propanil + triclopyr	A 0,00 d	A 0,00 c	B 0,23 c	B 0,23 bc
Propanil	A 0,02 d	A 0,00 c	C 0,29 b	B 0,25 b
Imazapir + imazapic	C 0,45 a	A 0,05 b	B 0,07 g	D 0,25 b
Imazethapyr	C 0,27 b	A 0,03 b	A 0,06 g	B 0,21 c
Testemunha	A 0,17 c	B 0,19 a	C 0,25 c	C 0,25 b
CV	12,69			

¹ Médias seguidas de mesma letra, antecedidas de maiúscula nas linhas e seguidas de minúscula nas colunas, não diferem estatisticamente pelo teste DMS de Fischer ($p \leq 0,05$).

O imazethapyr e (imazapyr + imazapic) são herbicidas inibidores da ALS, pertencentes ao grupo das imidazolinones (IMIs), para uso exclusivo em cultivares que empregam a tecnologia ClearField® (MENEZES et al., 2009), justificando a seletividade aos cultivares Guri Inta CL e IRGA 424 RI bem como sua fitotoxicidade e redução de MSPA na cultivar BR IRGA 409. No entanto, não foram eficientes no controle e/ou redução de MSPA do CYPIR-R quando aplicados de forma isolada, evidenciando resistência do biótipo ao referido mecanismo de ação (CHIAPINOTTO et al., 2017).

A resistência de plantas daninhas é uma resposta natural à pressão de seleção, imposta pelo uso contínuo e prolongado de herbicidas (VENCILL et al., 2012; BAUCOM, 2016), resultando na adaptação de mecanismos que protegem as plantas ao dano desses produtos (BUSI et al., 2013). A maioria dos casos registrados de resistência aos herbicidas inibidores da ALS é causada por alterações no local de ação da enzima, resultante de uma mutação pontual no gene da ALS (YU; POWLES, 2014). A mutação causa substituição de aminoácidos, alterando a estrutura da enzima e o local de ligação aos herbicidas (NTOANIDOU et al., 2016).

Mutações específicas no gene da enzima ALS, conferem elevada resistência aos grupos químicos das sulfonilureas, imidazolinones, triazolopyrimidines e pyrimidinyl(thio)benzoates (TRANDEL et al., 2019), similar ao fator de resistência ≥ 10 do biótipo em questão (CHIAPINOTTO et al., 2017). As mutações evitam ou comprometem a ligação dos herbicidas à enzima ALS (NTOANIDOU et al., 2016). No entanto, os inibidores da ALS aplicados em associação com herbicidas que apresentam outro mecanismo de ação, como os inibidores do Fotossistema II (FS II), tanto em formulação comercial como o bentazon + imazamox ou em mistura como o [(bentazone + imazamox) + (imazapyr + imazapic)] e [bentazone + (imazapyr + imazapic)], foram eficientes no controle de ambos os biótipos de CYPIR-R e CYPIR-S.

A mistura de herbicidas é uma estratégia que tem se mostrado eficiente no controle de biótipos resistentes, pois expõe a planta daninha a múltiplos mecanismos de ação, tendo êxito no controle devido a um dos ingredientes ativos presente na mistura (EVANS et al., 2016). Pesquisas demonstram inclusive, quando se refere aos herbicidas inibidores da ALS, que as misturas de produtos empregando diferentes mecanismos de ação são mais eficientes do que as rotações na mitigação da evolução da resistência (BECKIE; REBOUD, 2009). No Brasil, conforme Portaria nº 148 (2017), esta estratégia deve constar em receituário agrônomo prescrito por profissional legalmente habilitado.

As misturas podem resultar em efeitos adversos em relação ao efeito de cada produto utilizado isoladamente, tais como sinergismo, antagonismo ou neutralidade, podendo interferir na produtividade das culturas agrícolas (VIEIRA JUNIOR et al., 2015). Neste estudo, foi observado fitotoxicidade e redução de MSPA na cultura do arroz com a mistura de bentazon + (imazapyr + imazapic). Na cultura do trigo, mistura de herbicidas inibidores do Fotossistema II + inibidores da ACCase, não interfere na produtividade. No entanto, a mistura de inibidores da ALS + inibidores da

ACCase reduz o crescimento e a produtividade (ABBAS et al., 2016).

Deve-se considerar que, a seletividade de herbicidas em culturas agrícolas (seja em aplicação isolada, mistura em tanque ou formulação comercial), não deve ser baseada em mera diagnose visual de sintomas ou redução de MSPA. Sabe-se que existem produtos que reduzem a produtividade das culturas sem ocorrência de sintomas visuais. No entanto, outros produtos mesmo causando sintomas, permitem à cultura manifestar plenamente seu potencial produtivo (SOUZA et al., 2002). Na avaliação da seletividade de herbicidas, irrestritamente, deve-se considerar os dados de produtividade da cultura (SOCIEDADE BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 1995). As misturas em tanque e associações de herbicidas utilizados nesse estudo, para controle específico de biótipos de CYPIR resistente e suscetível aos inibidores da ALS, precisam serem avaliados quanto à seletividade para a cultura do arroz irrigado.

Nas condições em que esse estudo foi realizado, o propanil na dose de 3600 g i.a. ha⁻¹ (4,5 Kg p.c. ha⁻¹), causou fitotoxicidade e redução de MSPA na cultivar IRGA 424 RI. Esse herbicida é seletivo ao arroz irrigado, pois a cultura apresenta altos níveis da enzima aryl acylamidase, a qual degrada a molécula herbicida para compostos não tóxicos (FREAR; STILL 1968). Em outro estudo, o propanil nas doses de 2000 e 2800 g i.a. ha⁻¹, não causou danos ao arroz (CAPUTO et al., 2017). Nesse sentido, cabe rever a dose recomendada na bula do produto.

O bentazone e o propanil aplicados de forma isolada, assim como a formulação de (propanil + triclopyr), foram eficientes para o controle dos biótipos de CYPIR-R e CYPIR-S. Para a ocorrência de biótipos de CYPIR com resistência cruzada aos inibidores da ALS, Riar et al. (2015) também utilizaram inibidores do Fotossistema II (bentazone e propanil) e Auxina Sintética (2,4-D) no controle químico alternativo, com índice de controle eficiente. Referente ao glyphosate deve-se considerar que é um herbicida não seletivo, que deve ser utilizado exclusivamente na pré-semeadura do arroz ou início da emissão do coleóptilo (estádio fenológico S3 – popularmente denominado de “ponto-de-agulha”) (MENEZES et al., 2013).

4. Conclusões

Todos os tratamentos testados, exceto imazethapyr e formulação de imazapyr+imazapic isolados, foram eficientes no controle de *Cyperus iria* resistente aos inibidores da ALS. No entanto, os herbicidas inibidores da ALS são eficientes quando associados com produtos que apresentam outro mecanismo de ação, não inviabilizando o uso da tecnologia ClearField® na cultura do arroz irrigado. As misturas de herbicidas realizadas nesse estudo requerem pesquisas avaliando a seletividade ao arroz. Deve-se considerar ainda que plantas daninhas adaptam-se às práticas de manejo, entre elas o controle químico alternativo, acentuando o problema da resistência e sugerindo que medidas de manejo integrado sejam efetivamente adotadas.

Referências

- Abbas, T. Identifying optimum herbicide mixtures to manage and avoid fenoxaprop-ethyl resistant *Phalaris minor* em wheat. **Planta Daninha**, v.34, p.787-793, 2016.
- Agrofit. **Sistema de consulta a agrotóxicos registrados no Brasil**. Disponível em: <www.agricultura.gov.br/agrofit>. Acesso em: 18 fev. 2017.
- Awan, T.H.; Cruz, P.C.S.; Chauhan, B.S. Growth analysis and biomass partitioning of *Cyperus iria* in response to rice planting density and nitrogen rate. **Crop Protection**, v.74, p.92-102, 2015.
- Baucom, R.S. The remarkable repeated evolution of herbicide resistance. **American Journal of Botany**, v.103, p.181-183, 2016.
- Beckie, H.J.; Reboud, X. Selecting for weed resistance: herbicide rotation and mixture. **Weed Technology**, v.23, p.363-370, 2009.
- Beckie, H.J.; Tardif, F.J. Herbicide cross resistance in weeds. **Plant Protection**, v.35, p.15-28, 2012.
- Busi, R.; Vila-Aiub, M.M.; Beckie, H.J.; Gaines, T.A.; Goggin, D.E.; Kaundun, S.S. et al. Herbicide-resistant weeds: from research and knowledge to future needs. **Evolutionary Applications**, v.6: p.1218–1221, 2013.
- Caputo, G.A.; Schreiber, F.; Andres, A.; Concenço, G.; Coutinho, A.; Facco, R. et al. Efeito dos herbicidas imazapyr+imazapic e propanil e sua associação em diferentes espécies de plantas. In: Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, 10., 2017, Gramado. **Anais...Porto Alegre: IRGA**, 2017. p.1-4.
- Chauhan, B.S.; Johnson, D.E. Responses of rice flatsedge (*Cyperus iria*) and barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) to rice interference. **Weed Science**, v.58, p.204-208, 2010.
- Chiapinotto, D.M.; Schaedler, C.E.; Fernandes, J.P.S.; Andres, A.; Lamego, F.P.. Cross-resistance of rice flatsedge to ALS-inhibiting herbicides. **Planta Daninha**, v.35: p.1-12, 2017.
- Dal Magro, T.; Rezende, S.T.; Agostinetto, D.; Vargas, L.; Silva, A.A.; Falkoski, D.L. Propriedades enzimáticas da enzima ALS de *Cyperus difformis* e mecanismo de resistência da espécie ao herbicida pyrazosulfuron-ethyl. **Ciência Rural**, v.40, p.2439-2445, 2010.
- Deng, W.; Cao, Y.; Yang, Q.; Liu, M.J.; Mei, Y.; Zheng, M. Different cross-resistance patterns to AHAS herbicides of two tribenuron-methyl resistant flixweed (*Descurainia sophia* L.) biotypes in China. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v.112, p.26-32, 2014.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa, 2013. 353p.
- Evans, J.A.; Tranel, P.J.; Hager, A.G.; Schutte, B.; Wu, C.; Chatham, L.A. et al. Managing the evolution of herbicide resistance. **Pest Management Science**, v.72, p.74-80, 2016.
- Frear, D.S.; Still, G.G. The metabolism of 3,4-dichloropropionanilide in plants. Partial purification and properties of an aryl acylamidase from rice. **Phytochemistry**, v.7, p.913–920, 1968.
- Green, J.M.; Owen, M.D.K. Herbicide-resistant crops: utilities and limitations for herbicide-resistant weed management. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.11, p.5819-5829, 2011.
- Herbicide Resistance Action Committee - HRAC. **The world of herbicides: according to HRAC classification on mode of action 2010**. Disponível em: <www.hracglobal.com/pages/world%20of%20herbicides%20map.aspx>. Acesso em: 27 fev. 2017.
- Mariani, F.; Vargas, L.; Agostinetto, D.; Fraga, D.S.; Dos Santos, F.M.; Piesanti, S.R.. Resistência de biótipos de azevém ao herbicida iodosulfurom-metilico sódio e herbicidas alternativos para o controle. **Revista de la Facultad de Agronomia**, v.115, p.35-43, 2016.
- Menezes, V.G.; Mariot, C.H.P.; Kalsing, A.; Goulart, I.C.G.R. Arroz-vermelho (*Oryza sativa*) resistente aos herbicidas imidazolinonas. **Planta Daninha**, v.27, p.1047-1052, 2009.
- Menezes, V.G.; Mariot, C.H.P.; Kalsing, A.; Freitas, T.F.S. De.; Grohs, D.S.; Matzenbacher, F.O. Associação de glyphosate e imidazolinonas no controle de arroz-vermelho em arroz Clearfield®. **Ciência Rural**, v.43, p.2154-2159, 2013.
- Norsworthy, J.K.; Ward, S.M.; Shaw, D.R.; Llewellyn, R.S.; Nichols, R.L.; Webster, T.M. et al. Reducing the risks of herbicide resistance: best management practices and recommendation. **Weed Science**, v.60, p.31-62, 2012.
- Ntoaidou, S.; Kaloumenos, N.; Diamantidis, G.; Madesis, P.; Eleftherohorinos, I. Molecular basis of *Cyperus difformis* cross-resistance to ALS-inhibiting herbicides. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v.127, p.38-45, 2016.
- Nunes, F.S.; Schaedler, C.E.; Chiapinotto, D.M. Weed phytosociological survey in irrigated rice. **Planta Daninha**, v.36, p.1-9, 2018.
- Portaria Nº 148, de 26 de Dezembro de 2017. **Diário Oficial da União**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/aceso-a-informacao/participacao-social/consultas-publicas/documentos/CPMisturaemtanque.pdf>>. Acesso em: 29 de Jul.2019.

Riar, D.S.; Tehranchian, P.; Norsworthy, J.K.; Nandula, V.; McElroy, S.; Srivastava, V. et al. Acetolactate synthase-inhibiting, herbicide-resistant rice flatsedge (*Cyperus iria*): cross-resistance and molecular mechanism of resistance. **Weed Science**, v.63, p.748-757, 2015.

Shivrain, V.K.; Burgos, N.R.; Agrama, H.A.; Lawton-Rauh, A.; Lu, B.; Sales, M.A. et al. Genetic diversity of weedy red rice (*Oryza sativa*) in Arkansas, USA. **Weed Research**, v.50, n.4, p.289-302, 2010.

Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas – SBCPD. **Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas**. Londrina: SBCPD, 1995. 42p.

Souza, R.T.; Constantin, J.C.; Velini, E.D.; Montorio, G.A.; Maciel, C.D.G. Seletividade de combinações de herbicidas latifolicidas com lactofen para a cultura de soja. **Scientia Agricola**, v.59, p.99-106, 2002.

Tranel, P.J.; Wright, T.R.; Heap, I.M. Mutations in herbicide-resistant weeds to ALS inhibitors. Disponível em: <<http://www.weedscience.org/Mutations/MutationDisplayAll.aspx>>. Acesso em 2 Jun. 2019.

Vencill, W.K.; Nichols, R.L.; Webster, T.M.; Soteris, J.k.; Mallory-Smith, C.; Burgos, N.R. et al. Herbicide resistance: toward an understanding of resistance development and the Impact of herbicide-resistant crops. **Weed Science**, v.60, p.2-30, 2012.

Vieira Júnior, N.S.; Jakelaitis, A.; Cardoso, I.S.; Rezende, P.N.; Moraes, N.C. De.; Araújo, V.T.; Tavares, C.J. Associação de herbicidas aplicados em pós-emergência na cultura do milho. **Global Science and Technology**, v.8, p.1-8, 2015.

Yu, Q.; Powles, S.B. Resistance to AHAS inhibitor herbicides: current understanding. **Pest Management Science**, v.70, p.1340-1350, 2014.