

ARROZ TOLERANTE A IMIDAZOLINONAS: CONTROLE DO ARROZ-VERMELHO, FLUXO GÊNICO E EFEITO RESIDUAL DO HERBICIDA EM CULTURAS SUCESSORAS NÃO-TOLERANTES¹

Imidazolinone Tolerant Rice: Red Rice Control, Out-Crossing and Herbicide Carryover to Non-Tolerant Crops

VILLA, S.C.C.², MARCHEZAN, E.³, AVILA, L.A.⁴, MASSONI, P.F.S.⁵, TELO, G.M.⁶, MACHADO, S.L.O.⁷ e CAMARGO, E.R.⁸

RESUMO - Após várias décadas de busca de alternativas para controle do arroz-vermelho, desenvolveram-se genótipos de arroz tolerantes a herbicida do grupo químico das imidazolinonas, o qual controla eficientemente esta planta daninha no Sistema Clearfield. O experimento teve como objetivo avaliar: a eficiência do controle de arroz-vermelho com a mistura formulada dos herbicidas imazethapyr (75 g L⁻¹) + imazapic (25 g L⁻¹) (produto comercial Only®); o residual do herbicida no solo através dos danos causados ao azevém e arroz não-tolerante; e a taxa de ocorrência de cruzamento natural entre o arroz-vermelho e o arroz cultivado. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com três tratamentos e doze repetições. Para determinar o fluxo gênico entre o arroz tolerante a imidazolinonas e o arroz-vermelho, foram coletadas e analisadas as panículas de arroz-vermelho não-controladas. O efeito residual do herbicida em culturas não-tolerantes foi verificado através de coleta de fitomassa de azevém e do estande inicial do cultivar de arroz não-tolerante semeado no ano seguinte. O herbicida testado controlou eficientemente o arroz-vermelho e a fitotoxicidade inicial não reduziu a produtividade do cultivar tolerante. O estande inicial do cultivar IRGA 417 foi afetado pelo residual do herbicida no solo. Os resultados mostraram também que ocorre cruzamento natural entre o arroz-vermelho e o arroz cultivado, e a taxa obtida no experimento foi de 0,065%.

Palavras-chave: IRGA 422 CL, imazethapyr, imazapic, persistência.

ABSTRACT - After several decades searching for tools to control red rice, imidazolinone tolerant rice was developed to selectively control red rice. To better understand this technology an experiment was conducted in 2004/2005, in Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brazil to evaluate: 1) red rice control by imidazolinone herbicides in Clearfield™ rice; 2) evaluate the imidazolinone herbicide carryover effect on ryegrass and non-tolerant rice (IRGA 417) and 3) evaluate the outcrossing rates between Clearfield rice and red rice. The experimental design was a randomized block design, with 3 treatments and 12 replications. To determine the outcrossing rates between Clearfield rice and red rice, virtually all the red rice panicle was collected and analyzed in the area. The carryover effect was tested using ryegrass and a non-tolerant rice cultivar (IRGA 417). The herbicides tested controlled red rice. Although injury to Clearfield rice was observed, the herbicide did not affect yield. Herbicide carry-over to non-tolerant rice was observed, reducing plant stand on rice seeded 361 days after herbicide application. Natural out-crossing occurred between Clearfield rice and red rice, at rates of 0.065%.

Keywords: IRGA 422 CL, imazethapyr, imazapic, persistence.

¹ Recebido para publicação em 1.8.2006 e na forma revisada em 10.11.2006.

Parte integrante da dissertação de Mestrado do primeiro autor. Pesquisa financiada pelo CNPq, CAPES, FAPERGS e UFSM.

² Eng.-Agr., Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, bolsista CAPES, Dep. Fitotecnia, prédio 44, sala 5335, 97105-900 Santa Maria-RS, <svilla@ricetec.com.br>; ³ Eng.-Agr., Dr., Prof. do Dep. de Fitotecnia da UFSM, pesquisador CNPq, <emarch@ccr.ufsm.br>; ⁴ Eng.-Agr., Dr., Prof. do Dep. de Fitotecnia da UFSM; ⁵ Acadêmico do curso de Agronomia da UFSM, bolsista CNPq; ⁶ Acadêmico do curso de Agronomia da UFSM, bolsista FAPERGS; ⁷ Eng.-Agr., Dr., Prof. do Dep. de Defesa Fitossanitária da UFSM; ⁸ Eng.-Agr., Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Agronomia da UFSM, bolsista CNPq.



INTRODUÇÃO

A produtividade média de arroz no Rio Grande do Sul cresceu nas últimas décadas, atingindo médias acima de 6 t ha⁻¹. No entanto, o fator que mais se destaca como limitante ao aumento do potencial de rendimento é o controle insatisfatório de plantas daninhas, especialmente do arroz-vermelho, o que ainda causa elevada redução na produção do cereal. No Sul do Brasil, o arroz-vermelho (*Oryza sativa*) constitui-se na principal planta daninha de áreas cultivadas com arroz irrigado por inundação (Agostinetto et al., 2001). Por pertencerem ao mesmo gênero, o arroz-vermelho e o cultivado apresentam elevada similaridade morfofisiológica, o que dificulta o controle seletivo, fazendo-se necessário utilizar métodos culturais de controle, dentre os quais se destaca o uso de cultivares que detêm capacidade competitiva (Balbinot Jr. et al., 2003).

Como alternativa de controle químico do arroz-vermelho, desenvolveram-se plantas de arroz tolerantes a herbicidas pertencentes ao grupo químico das imidazolinonas, através de mutação induzida por radiação gama e/ou transformação química por etil metanossulfonato – EMS (Croughan, 1998). A partir da safra de 1998/1999, pesquisadores do Instituto Riograndense do Arroz (IRGA) iniciaram o processo de transferência dessa característica, por meio de retrocruzamento, para seus genótipos (Lopes et al., 2001). Os herbicidas pertencentes ao grupo químico das imidazolinonas são inibidores da acetolactato sintase (ALS), que é a enzima-chave na biossíntese dos aminoácidos isoleucina, leucina e valina. Esses herbicidas são absorvidos pelas raízes e partes aéreas das plantas e translocados pela via apoplástica, acumulando-se nos tecidos meristemáticos (Vidal, 1997). Podem também possuir residual no solo (Renner et al., 1998), o que pode afetar culturas em sucessão. O uso desses herbicidas em genótipos de arroz tolerante permite o controle seletivo do arroz-vermelho e de outras plantas daninhas (Steele et al., 2002; Ottis et al., 2003; Webster et al., 1998).

Segundo Renner et al. (1998), herbicidas do grupo das imidazolinonas podem apresentar residual no solo por até dois anos

e, dependendo da cultura sucessora, causar fitotoxicidade (Ball et al., 2003). A utilização de culturas de inverno como pastagem, na rotação lavoura/pecuária, ou a escolha por implementar cultivares de arroz não-tolerante podem ser prejudicadas pela presença de herbicidas no solo. Segundo Williams et al. (2002), a produção de culturas não-tolerantes pode ser comprometida caso o intervalo entre a aplicação de imazethapyr e a semeadura da cultura em rotação não seja observado. O arroz não-tolerante deve ser semeado, por exemplo, a partir do 18º mês após a aplicação de imazethapyr. Contudo, o uso continuado deste arroz, sem rotação, provocará grande pressão de seleção no arroz-vermelho, gerando biótipos de arroz-vermelho tolerantes a esses herbicidas. Por isso, recomenda-se, após o uso do herbicida por dois anos, deixar o solo em pousio por, no mínimo, um ano.

Para que se possa atingir o nível máximo de controle nesse sistema, há necessidade de duas aspersões de imazethapyr, uma em pré-emergência e outra em pós-emergência (Steele et al., 2002; Ottis et al., 2003). A eficiência do controle de arroz-vermelho com o uso do imazethapyr varia, entre outros fatores, com a dose e a época de aplicação do produto. Embora o controle de arroz-vermelho através do uso desses herbicidas seja eficiente, geralmente não chega a 100%. Isso pode ocasionar, a longo prazo, problemas ao sistema, pois, por menor que seja a porcentagem de arroz-vermelho não-controlado, este pode cruzar com o arroz cultivado. Estudos indicam que pode ocorrer fluxo gênico entre o arroz tolerante a herbicidas e o arroz-vermelho, o qual fica em menos de 1,0% (Gealy et al., 2003). Nas condições edafoclimáticas do Rio Grande do Sul, Magalhães Jr. et al. (2001) fizeram análise de mais de 250 mil sementes de arroz-vermelho, e os resultados indicam que a taxa de cruzamento entre os genótipos de arroz testados foi baixa, variando de 0,1 a 0,04%. De acordo com estes autores, a taxa de cruzamento é dependente da coincidência da floração entre os genótipos e a probabilidade da ocorrência de cruzamento é maior a curta distância, não existindo em distâncias superiores a 5 metros.

Já nos Estados Unidos, Dillon et al. (2002) encontraram três plantas de arroz-vermelho

híbridas em 12 mil sementes analisadas, e Estorninos Jr. et al. (2003) afirmam que as taxas de cruzamento entre o arroz tolerante e o arroz-vermelho variam com o cultivar e, embora numericamente pequenos, podem resultar em centenas ou milhares de plantas, dependendo do nível de infestação na área. De acordo com os primeiros autores, o fluxo gênico só ocorre caso aconteça um fracasso no controle de arroz-vermelho no campo; por isso, as aplicações dos herbicidas devem ser monitoradas em nível de campo, para preservar essa tecnologia. Com o possível surgimento de biótipos de arroz-vermelho tolerante a imidazolinonas, a longevidade do sistema de controle pode ser reduzida.

Em vista do exposto, foi conduzido um experimento com o objetivo de avaliar: a eficiência do controle de arroz-vermelho com a mistura formulada dos herbicidas imazethapyr (75 g L⁻¹) + imazapic (25 g L⁻¹) (produto comercial Only®); o residual do herbicida no solo, através dos danos causados ao azevém e arroz não-tolerante; e a taxa de ocorrência de cruzamento natural entre o arroz-vermelho e o arroz cultivado.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no ano agrícola de 2004/05, em um Planossolo Hidromórfico eutrófico arênico (pH_{água} (1:1) =

5,0; P = 8,0 mg dm⁻³; K = 32 mg dm⁻³; argila = 20%; M.O. = 1,6%; Ca = 3,3 cmol_c dm⁻³; Mg = 1,0 cmol_c dm⁻³; e Al = 0,6 cmol_c dm⁻³), localizado na área de pesquisa da Universidade Federal de Santa Maria, em Santa Maria-RS. O experimento foi conduzido no delineamento de blocos ao acaso, com três tratamentos e doze repetições (Tabela 1).

Para homogeneizar o banco de sementes de arroz-vermelho, um dia antes da semeadura do arroz, distribuiu-se a lanço e incorporou-se ao solo a quantidade de 200 kg ha⁻¹ de sementes de arroz-vermelho, obtendo-se população média de 260 plantas por metro quadrado. A semeadura do cultivar tolerante, IRGA 422 CL, foi feita no dia 28/10/2004, utilizando-se 120 kg ha⁻¹ de sementes, com semeadora de 11 linhas, espaçadas em 0,175 m. A cultura foi implantada no sistema convencional de semeadura. A adubação de base foi aplicada na semeadura e constou de 7 kg ha⁻¹ de nitrogênio (N), 70 de P₂O₅ e 105 de K₂O. A emergência ocorreu dia 10/11/2004.

A aplicação do herbicida em pré-emergência (PRÉ), um dia após a semeadura, foi efetuada com um pulverizador costal pressurizado com CO₂, munido de pontas leque 11002, com vazão de 125 L ha⁻¹. O grau de umidade do solo no momento dessa aplicação encontrava-se adequado para a germinação das sementes; na semana seguinte ocorreu

Tabela 1 - Estande inicial (EI), número de colmos por planta, fitotoxicidade (FITO) às plantas de arroz irrigado aos 15 dias após a aplicação do tratamento em PÓS (DAT) e controle de arroz-vermelho (AV) aos 62 DAT e na colheita do cultivar IRGA 422 CL. Santa Maria-RS, 2006

Herbicida	Tratamento		EI (plantas m ⁻²)	Colmos por planta		FITO	Controle de AV	
	PRÉ ^{1/}	PÓS ^{2/}		23 DAE	48 DAE		62 DAT	Pré-colheita
	(g i.a. ha ⁻¹)			(n ^o)			(%) ^{4/5/}	
Testemunha	0	0	250 ^{ns}	2,1 ab ^{6/}	2,3 b	---	---	---
Imazethapyr +imazapic ^{3/}	0	100	246	1,9 c	5,3 a	23 a	99 ^{ns}	98 ^{ns}
Imazethapyr +imazapic	50	50	234	2,3 a	5,3 a	17 b	99	98
Média			243	2,1	4,3	13	99	98
CV(%)			12,5	15,3	6,8	14,0	8,8	1,4

^{1/} Aplicação em pré-emergência; ^{2/} Aplicação em pós-emergência com o arroz-vermelho no estádio V₅, segundo escala de Counce et al. (2000); ^{3/} Recomendação para o cultivo do arroz tolerante a imidazolinonas no Brasil; ^{4/} Para análise, os dados foram transformados em $yt | \arccos(\sqrt{(y-20,5)/100})$; ^{5/} Controle de AV e a fitotoxicidade no arroz foram avaliados visualmente em porcentagem, em que 0 corresponde à ausência de controle ou fitotoxicidade e 100 ao controle total ou morte de plantas de arroz; ^{6/} Na coluna, médias não seguidas da mesma letra diferem pelo teste de Tukey (P<0,05); ^{ns} Teste F não-significativo (P<0,05).



precipitação pluvial de 50 mm, constituindo-se numa condição favorável para aplicação em PRÉ desse herbicida. A aplicação em pós-emergência (PÓS) foi efetuada aos 14 dias após a emergência (DAE), quando as plantas do arroz cultivado encontravam-se no estágio V4 (Counce et al., 2000) e as de arroz-vermelho, em V5. A vazão utilizada foi de 150 L ha⁻¹, com adição de 0,5% v.v.⁻¹ de óleo mineral emulsionável.

Um dia após a aplicação do tratamento em PÓS, a área foi inundada, mantendo-se lâmina d'água constante de aproximadamente 5 cm de altura. Entre os blocos havia isolamento por taipas confeccionadas por entaipadeira acoplada a um trator. As parcelas testemunhas (T1) foram isoladas das demais por placas de PVC (0,3 m de altura), as quais foram enterradas 0,15 m no solo. Deixou-se uma borda livre nas taipas para reter a água proveniente da chuva, evitando que a água das parcelas extravasasse. Com isso, foi retido todo o herbicida das parcelas, a fim de verificar o efeito máximo do produto nas culturas sucessoras não-tolerantes. O nitrogênio foi aplicado na forma de uréia e parcelado em três épocas: 7 kg ha⁻¹ de N na semeadura; 60 kg ha⁻¹ de N no estágio V4, um dia antes da inundaçãõ; e 60 kg ha⁻¹ de N na iniciaçãõ da panícula (R0). Juntamente com a segunda aplicaçãõ de N em cobertura, foram utilizados 500 g ha⁻¹ do inseticida carbofuran para controlar larvas do gorgulho-aquático-do-arroz (*Oryzophagus oryzae*).

Aos 19 dias após a emergência (DAE), determinou-se o estande inicial, através da contagem da populaçãõ de plantas em um metro de comprimento da linha de semeadura. No mesmo local, efetuou-se a contagem do número de colmos aos 23 e 48 DAE. Nessa mesma área, determinou-se o número de panículas por planta e coletaram-se dez panículas, das quais se determinou o número de grãos por panícula e a massa de mil grãos. A avaliaçãõ de fitotoxicidade ao arroz tolerante foi realizada aos 15 dias após a aplicaçãõ dos tratamentos em PÓS. As avaliações do controle de arroz-vermelho foram realizadas aos 62 dias após a aplicaçãõ do tratamento em PÓS (DAT), no dia da colheita, sendo os valores estimados visualmente, utilizando uma escala de 0 a 100%, em que 0 = sem fitotoxicidade ou controle e 100 = morte das plantas ou controle completo.

A produtividade de grãos foi determinada através da colheita manual, em área de 5,25 m² (5,0 x 1,05 m), quando os grãos apresentavam umidade média de 20%. Após a trilha, limpeza e pesagem dos grãos com casca, os dados foram corrigidos para 13% de umidade e convertidos em kg ha⁻¹.

Para determinar o fluxo gênico entre arroz-vermelho e arroz tolerante a imidazolinonas, coletaram-se todas as panículas das plantas não-controladas, nas parcelas onde foram aplicados os herbicidas para controle de arroz-vermelho. O fluxo gênico foi determinado através do número de sementes de arroz-vermelho, oriundas do cruzamento deste com o arroz tolerante, sendo utilizada a metodologia baseada no teste de germinaçãõ (Silva, 2003). Aos quatro dias após a semeadura em papel de germinaçãõ, foi realizada a avaliaçãõ, na qual foram consideradas oriundas do cruzamento as plantas que germinaram normalmente.

O efeito residual dos herbicidas em culturas não-tolerantes foi verificado por meio de coleta de fitomassa da cultura do azevém (*Lolium multiflorum*) e da avaliaçãõ do estande inicial do cultivar não-tolerante (IRGA 417) semeado no dia 2/11 do ano subsequente, em um terço das parcelas. A coleta da fitomassa do azevém foi realizada em um quadrado de 50x50 cm, aos 119 e 137 DAS, o qual foi semeado durante o período de inverno, após a colheita do arroz, na densidade de 40 kg ha⁻¹. A avaliaçãõ do estande inicial do cultivar não-tolerante foi feita através da contagem da populaçãõ de plantas em um metro de comprimento da linha de semeadura. No referido ano foi utilizado o sistema plantio direto, para não haver contaminaçãõ do solo entre as parcelas, caso fosse realizado o preparo convencional.

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey (P<0,05). Para a análise estatística, os dados de controle de arroz-vermelho e fitotoxicidade foram transformados em $yt | \arcseno(\sqrt{(y-2,5)/100})$, e os demais dados em porcentagem, em $yt | \sqrt{y-1}$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve influência dos tratamentos com herbicidas no estande inicial do arroz

(Tabela 1), demonstrando que a aplicação em PRÉ do herbicida não afetou o estabelecimento do arroz tolerante. O número de colmos por planta do arroz, aos 23 DAE, foi menor quando se aplicou o herbicida apenas em PÓS, porém o número de colmos por planta, avaliado aos 48 DAE, não foi afetado pelos tratamentos. Isso indica que a fitotoxicidade do herbicida, que foi superior no tratamento com a aplicação apenas em PÓS, retardou a emissão de perfilhos. No entanto, as plantas compensaram essa diminuição através da emissão de novos colmos mais tardiamente. Aos 48 DAE, a testemunha apresentou menor número de colmos por plantas, o que se deve provavelmente à competição por espaço físico com as plantas de arroz-vermelho (Marchezan, 1994), que apresenta maior capacidade de perfilhamento que o arroz cultivado (Diarra et al., 1985).

O controle do arroz-vermelho obtido no experimento foi em torno de 98-99%, contudo o controle não foi total, possibilitando escape da planta daninha, o que pode resultar em seu cruzamento natural com o arroz cultivado, gerando biótipos tolerantes ao herbicida (Gealy et al., 2003). Devem ser ressaltadas duas práticas de manejo que contribuíram para esses índices de controle do arroz-vermelho: a aplicação precoce dos herbicidas e a irrigação imediatamente após a aplicação do herbicida em PÓS, estando de acordo com relatos de Williams et al. (2002), pois a irrigação proporciona maior disponibilidade e absorção do herbicida pelas plantas. Além disso, a água atua como barreira física para a emergência

das plantas de arroz-vermelho, auxiliando no controle e evitando o surgimento de novas plantas.

A estatura de plantas, avaliada no momento da colheita, não foi afetada pela aplicação do herbicida (Tabela 2). Para os componentes de rendimento, panículas por metro quadrado, espiguetas por panícula, esterilidade de espiguetas e massa de mil grãos, não houve diferença significativa entre os tratamentos. A produtividade de grãos do cultivar IRGA 422 CL não foi afetada pelos tratamentos com o herbicida, ainda que na avaliação de fitotoxicidade inicial tenham ocorrido diferenças entre os tratamentos, evidenciando que houve recuperação das plantas. Relatos da literatura demonstram resultados semelhantes utilizando herbicidas do mesmo grupo (Ottis et al., 2003; Agostinetto et al., 2005). O tratamento com aplicação do herbicida apenas em PÓS ocasionou maior fitotoxicidade, mas sem reflexos na produtividade. Entretanto, em condições adversas ao desenvolvimento da cultura, essa fitotoxicidade pode afetar a produtividade de grãos. Hackworth et al. (1998) e Steele et al. (2000) também afirmam que a injúria causada pelo imazethapyr é mais severa após a aplicação em PÓS, se comparado à aplicação em PRÉ.

Devido ao alto grau de acamamento das plantas na parcela testemunha, afetando o crescimento e desenvolvimento da cultura, não foi possível avaliar os parâmetros apresentados na Tabela 2 para esse tratamento.

Tabela 2 - Estatura de plantas (Estatura), panículas por metro quadrado (PMQ), espiguetas por panícula (EP), esterilidade de espiguetas (EE), massa de mil grãos (MMG) e produtividade de grãos do cultivar IRGA 422 CL. Santa Maria-RS, 2006

Herbicida	Tratamento		Estatura (cm)	PMQ (n ^o)	EP	EE (%) ^{4/}	MMG (g)	Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)	
	PRÉ ^{1/}	PÓS ^{2/}							
		(g i.a. ha ⁻¹)							
Testemunha	0	0	---	---	---	---	---	---	
Imazethapyr +imazapic ^{3/}	0	100	74 ^{ns}	662 ^{ns}	74 ^{ns}	24 ^{ns}	28 ^{ns}	5.765 ^{ns}	
Imazethapyr +imazapic	50	50	73	632	81	25	28	5.764	
Média			74	647	78	25	28	5.765	
CV(%)			3,5	10,8	14,0	12,3	3,8	9,8	

^{1/} Aplicação em pré-emergência; ^{2/} Aplicação em pós-emergência com o arroz-vermelho no estágio V₃, segundo escala de Counce et al. (2000);

^{3/} Recomendação para o cultivo do arroz tolerante a imidazolinonas no Brasil; ^{4/} Para análise, os dados foram transformados em $yt | \sqrt{y 2 I}$;

^{5/} Dados não coletados devido ao alto grau de acamamento das plantas, afetando drasticamente o crescimento e desenvolvimento da cultura;

^{ns} Teste F não-significativo (P<0,05).



Para determinar o fluxo gênico entre arroz-vermelho e arroz tolerante a imidazolinonas, foram coletadas e analisadas todas as 4.637 sementes oriundas de plantas não controladas pelo herbicida. Destas, três sementes germinaram normalmente depois de embebidas em solução de imazethapyr, sendo consideradas oriundas do cruzamento (Silva, 2003). Esses resultados indicam que a taxa de cruzamento natural entre o arroz-vermelho e o arroz tolerante a imidazolinonas foi de 0,065%. Já Dillon et al. (2002) encontraram três plantas de arroz-vermelho híbridas em 12 mil sementes analisadas, e Estorninos et al. (2003) afirmam que as taxas de cruzamento entre o arroz tolerante e o arroz-vermelho variam de 0,0045% a 0,0014%, dependendo do cultivar. Segundo Magalhães Jr. et al. (2001), a taxa de cruzamento é dependente da coincidência da floração entre os genótipos e a probabilidade da ocorrência de cruzamento é maior a curta

distância, não existindo em distâncias superiores a 5 metros. Cabe ressaltar que as sementes coletadas foram oriundas das plantas que estavam na parcela, ou seja, a distância entre o arroz-vermelho e o cultivar tolerante era pequena. Embora numericamente pequenos, esses percentuais podem resultar em centenas ou milhares de plantas, dependendo do nível de infestação na área. Utilizando o número de plantas remanescentes na parcela, calculou-se um número de cerca de 700 sementes de arroz-vermelho tolerantes por hectare, apenas no primeiro ano de cultivo.

O efeito residual dos herbicidas em culturas não-tolerantes foi mensurado através da coleta de massa seca de azevém (Tabela 3) e estande inicial do cultivar IRGA 417, semeados em sucessão à aplicação dos herbicidas (Tabela 4). Verificou-se que, nas avaliações de massa seca do azevém, o tratamento com

Tabela 3 - Efeito residual do herbicida imazethapyr + imazapic sobre o azevém (*Lolium multiflorum*) semeado 196 dias após a aplicação dos herbicidas em PRÉ, através da análise da massa seca da parte aérea coletada aos 119 e 137 dias após a semeadura (DAS). Santa Maria-RS, 2006

Tratamento			MS 119 DAS (kg ha ⁻¹)	MS 137 DAS (kg ha ⁻¹)
Herbicida	PRÉ ^{1/}	PÓS ^{2/}		
	(g i.a. ha ⁻¹)			
Testemunha	0	0	1.997 b ^{4/}	2.760 b
Imazethapyr +imazapic ^{3/}	0	100	2.509 a	3.130 ab
Imazethapyr +imazapic	50	50	2.506 a	3.320 ab
Média			2.337	3.070
CV(%)			12,5	13,4

^{1/} Aplicação em pré-emergência; ^{2/} Aplicação em pós-emergência com o arroz-vermelho no estágio V₅, segundo escala de Counce et al. (2000);

^{3/} Recomendação para o cultivo do arroz tolerante a imidazolinonas no Brasil; ^{4/} Na coluna, médias não seguidas da mesma letra, para cada parâmetro analisado, diferem pelo teste de Tukey (P<0,05).

Tabela 4 - Efeito residual do herbicida imazethapyr + imazapic no estande inicial (EI) dos cultivares IRGA 417 e IRGA 422 CL, na safra 2005/06, semeado 361 dias após a aplicação em PRÉ dos herbicidas do grupo das imidazolinonas. Santa Maria-RS, 2006

Tratamento utilizado na safra 04/05			EI	Redução EI	EI	Redução EI
Herbicida	PRÉ ^{1/}	PÓS ^{2/}	IRGA 417		IRGA 422 CL	
	(g i.a. ha ⁻¹)		(plantas m ⁻²)	(%)	(plantas m ⁻²)	(%)
Testemunha	0	0	189 a ^{4/}	0	159 ^{ns}	0
Imazethapyr +imazapic ^{3/}	0	100	137 b	28	147	7,5
Imazethapyr +imazapic	50	50	142 b	25	149	6,0
Média			156	26,5	152	6,75
CV(%)			17,4		18,4	

^{1/} Aplicação em pré-emergência; ^{2/} Aplicação em pós-emergência com o arroz-vermelho no estágio V₅, segundo escala de Counce et al. (2000);

^{3/} Recomendação para o cultivo do arroz tolerante a imidazolinonas no Brasil; ^{4/} Na coluna, médias não seguidas da mesma letra diferem pelo teste de Tukey (P<0,05).

menor valor foi a testemunha. Isso se deve à grande quantidade de palha de arroz na superfície do solo, oriunda das plantas de arroz-vermelho e do arroz cultivado, os quais não puderam ser colhidos devido ao alto grau de acamamento das plantas na parcela testemunha. Essa palha dificultou o estabelecimento e o desenvolvimento da cultura do azevém, afetando a produção de massa seca.

O estande inicial do cultivar IRGA 417 foi afetado nos tratamentos com aplicação do herbicida no ano anterior (Tabela 4), indicando que havia quantidade de herbicida no solo suficiente para causar fitotoxicidade ao arroz não-tolerante, causando morte de plântulas. Em geral, a persistência dos herbicidas do grupo das imidazolinonas aumenta conforme aumenta o teor de argila e matéria orgânica do solo, e diminuindo com o aumento do pH (Mangels, 1991; Oliveira Jr. et al., 1999; Stougaard et al., 1990). Segundo Marsh & Lloyd (1996), na cultura do milho os maiores danos de persistência do herbicida imazaquin ocorrem quando o pH é menor ou igual a 5,5; assim, nas condições do experimento, com baixo teor de argila e de matéria orgânica, o principal fator de solo que atua na persistência desses herbicidas é o pH. Comparando o estande inicial do cultivar IRGA 417 com o estande do cultivar IRGA 422 CL, observa-se que este foi menor no cultivar não-tolerante. Mesmo o estande do cultivar tolerante foi afetado quando no ano anterior foram utilizados herbicidas do grupo das imidazolinonas. Os principais mecanismos da degradação desses herbicidas no solo são a degradação microbiana (Goetz et al., 1990) e a decomposição fotolítica, especialmente quando expostos à luz ultravioleta (Mallipudi et al., 1991). Portanto, deve-se levar em conta o sistema de cultivo utilizado, que foi o plantio direto; assim, ocorre menor exposição dos herbicidas à luz e à ação dos microrganismos, diminuindo conseqüentemente a degradação desses herbicidas.

Sumarizando os resultados desse experimento, a mistura formulada dos herbicidas imazethapyr (75 g L⁻¹) + imazapic (25 g L⁻¹) controla eficientemente o arroz-vermelho em arroz tolerante e, embora presente alta fitotoxicidade inicial no primeiro ano de aplicação, não afeta a produtividade do cultivar tolerante.

O estande inicial do cultivar IRGA 417, semeado 361 dias após a aplicação dos herbicidas em PRÉ, é afetado pelo residual da mistura formulada dos herbicidas imazethapyr (75 g L⁻¹) + imazapic (25 g L⁻¹).

Ocorre cruzamento natural entre o arroz-vermelho e o arroz cultivado, e a taxa obtida no experimento foi de 0,065%.

AGRADECIMENTOS

À CAPES, CNPq, FAPERGS e UFSM, pelo auxílio financeiro; ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa de Produtividade em Pesquisa concedida a Enio Marchezan; e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de Mestrado concedida a Silvio Carlos Cazarotto Villa.

LITERATURA CITADA

- AGOSTINETTO, D. et al. Arroz-vermelho: ecofisiologia e estratégias de controle. **Ci. Rural**, v. 31, n. 2, p. 341-349, 2001.
- AGOSTINETTO, D. et al. A época de aplicação de imazethapyr afeta o controle de arroz daninho e o desenvolvimento e a produtividade de genótipo de arroz tolerante ao herbicida. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 4.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 26., 2005, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: SOSBAI, 2005. 567 p. v. 1. p. 143-145.
- BALBINOT Jr., A. A. et al. Características de plantas de arroz e a habilidade competitiva com plantas daninhas. **Planta Daninha**, v. 21, n. 2, p. 165-174, 2003.
- BALL, D. A. et al. Effect of imazamox soil persistence on dryland rotationl crops. **Weed Technol.**, v. 17, n. 1, p. 161-165, 2003.
- COUNCE, P. A. et al. A uniform, objective, and adaptive system for expressing rice development. **Crop Sci.**, v. 40, n. 2, p. 436-443, 2000.
- CROUGHAN, T. P. **Herbicide resistant rice**. In: **United States Patent** [5,773,704], 1998. Disponível em: <<http://patft.uspto.gov/netacgi/nph-Parser?Sect1=PTO1&Sect2=HITOFF&d=PALL&p=1&u=/netahtml/srchnum.htm&r=1&f=G&l=50&s1=5,773,704.WKU.&OS=PN/5,773,704&RS=PN/5,773,704/>>. Acesso em: 19 jan. 2006.
- DIARRA, A. et al. Growth and morphological characteristics of red rice (*Oryza sativa*) biotypes. **Weed Sci.**, v. 33, n. 3, p. 310-314, 1985.



- DILLON, T. L. et al. Gene flow from Clearfield rice to red rice. In: RICE TECHNICAL WORKING GROUP, 29., 2002, Little Rock. **Proceedings...** Little Rock: RTWG, 2002. p. 161.
- ESTORNINOS Jr., L. E. et al. Simple sequence repeats analysis of hybridization between IMI rice and red rice. In: SOUTHERN WEED SCIENCE SOCIETY ANNUAL MEETING, 56., 2003, Houston. **Proceedings...** Houston: SWSS, 2003, p. 184.
- GEALY, D. R. et al. Gene flow between red rice (*Oryza sativa*) and herbicide-resistant rice (*O. sativa*): implications for weed management. **Weed Technol.**, v. 17, n. 3, p. 627-645, 2003.
- GOETZ, A. J.; LAVY, T. L.; GEBUR Jr., E. E. Degradation and field persistence of imazethapyr. **Weed Sci.**, v. 38, n. 2, p. 421-428, 1990.
- HACKWORTH, H. M. et al. 1997 field evaluation of imidazolinone tolerant rice. In: SOUTHERN WEED SCIENCE SOCIETY ANNUAL MEETING, 51., 1998. **Proceedings...** SWSS, 1998. p. 221.
- LOPES, M. C. B. et al. Transferência de genes de resistência ao herbicida BAS 68800H para genótipos de arroz irrigado (*Oryza sativa* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 2.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 24., 2001, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SOSBAI, 2001. p. 108-109.
- MAGALHÃES JR., A. M. et al. Avaliação do fluxo gênico entre arroz transgênico, cultivado e arroz-vermelho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 2.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 24., 2001, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SOSBAI, 2001. p. 768-771.
- MALLIPUDI, N. M. et al. Photolysis of imazapyr (AC 243997) herbicide in aqueous media. **J. Agric. Food Chem.**, v. 39, n. 2, p. 412-417, 1991.
- MANGELS, G. Behavior of the imidazolinones herbicides in the aquatic environment. In: SHANER, D. L.; O'CONNOR, S. L. **The imidazolinone herbicides**. Boca Raton: CRC Press, 1991. p. 183-190.
- MARCHEZAN, E. Arroz-vermelho: caracterização, prejuízos e controle. **Ci. Rural**, v. 24, n. 2, p. 415-421, 1994.
- MARSH, B. H.; LLOYD, R. W. Soil pH effect on imazaquin persistence in soil. **Weed Technol.**, v. 10, n. 2, p. 337-340, 1996.
- OLIVEIRA Jr., R. S. et al. Spatial variability of imazethapyr sorption in soil. **Weed Sci.**, v. 47, n. 2, p. 243-248, 1999.
- OTTIS, B. V. et al. Imazethapyr application methods and sequences for imidazolinone-tolerant rice (*Oryza sativa*). **Weed Technol.**, v. 17, n. 3, p. 526-533, 2003.
- RENNER, K. A. et al. Effect of tillage an application method on corn (*Zea mays*) response to imidazolinone residues in soil. **Weed Technol.**, v. 12, n. 2, p. 281-285, 1998.
- SILVA, M. P. **Identificação de sementes de arroz mutante tolerante ao princípio herbicida imazethapyr**. 2003. 30 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2003.
- STEELE, G. L. et al. Red rice (*Oryza sativa* L.) control with varying rates and application timings of imazethapyr. In: SOUTHERN WEED SCIENCE SOCIETY ANNUAL MEETING, 53., 2000, Tulsa. **Proceedings...** Tulsa: SWSS, 2000. p. 19.
- STEELE, G. L. et al. Control of red rice (*Oryza sativa*) in imidazolinone-tolerant rice (*O. sativa*). **Weed Technol.**, v. 16, n. 3, p. 627-630, 2002.
- STOUGAARD, R. N.; SHEA, P. J.; MARTIN, A. R. Effect of soil type and pH on adsorption, mobility and efficacy of imazaquin and imazethapyr. **Weed Sci.**, v. 36, n. 1, p. 67-73, 1990.
- VIDAL, R. A. **Herbicidas: mecanismos de ação e resistência de plantas**. Porto Alegre: VIDAL, R.A., 1997. 165 p.
- WEBSTER, E. P.; BALDWIN, F. L. Weed control systems for imidazolinone-rice. In: RICE TECHNICAL WORKING GROUP, 27., 1998, Little Rock. **Proceedings...** Little Rock: RTWG, 1998. p. 215.
- WILLIAMS, B. J. et al. Weed management systems for Clearfield Rice. **Louisiana Agric.**, v. 45, n. 1. p. 16-17, 2002.