

**UNIVERSIDADE DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**ARROZ TOLERANTE A IMIDAZOLINONAS:
CONTROLE DO ARROZ-VERMELHO, PERSISTÊNCIA
DE HERBICIDAS E FLUXO GÊNICO**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Silvio Carlos Cazarotto Villa

Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil

2006

**ARROZ TOLERANTE A IMIDAZOLINONAS: CONTROLE DO
ARROZ-VERMELHO, PERSISTÊNCIA DE HERBICIDAS E
FLUXO GÊNICO**

por

Silvio Carlos Cazarotto Villa

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, da
Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS),
como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Enio Marchezan

Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil

2006

Villa, Silvio Carlos Cazarotto, 1981-

V712a

Arroz tolerante a imidazolinonas: controle do arroz-vermelho, persistência de herbicidas e fluxo gênico / por Silvio Carlos Cazarotto Villa; orientador Enio Marchezan. – Santa Maria, 2006.

53 f. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, RS, 2006.

1. Agronomia 2. Arroz irrigado 3. Sistema Clearfield 4. Imazapic 5. Imazethapyr 6. IRGA 422 CL 7. Only® 8. Tuno CL. I. Marchezan, Enio, orient. II. Título

CDU: 633.18.03

Ficha catalográfica elaborada por
Luiz Marchiotti Fernandes – CRB 10/1160
Biblioteca Setorial do Centro de Ciências Rurais/UFSM

© 2006

Todos os direitos autorais reservados a Silvio Carlos Cazarotto Villa. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser com autorização por escrito do autor.

Endereço: Av. Roraima, Depto de Fitotecnia, prédio 44, sala 5335. Bairro Camobi, Santa Maria, RS, 97105-900

Fone (0xx)55 2208451; (0xx)55 99355092; End. Eletr: silviovilla@msn.com

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a dissertação de Mestrado

**ARROZ TOLERANTE A IMIDAZOLINONAS: CONTROLE DO ARROZ-
VERMELHO, PERSISTÊNCIA DE HERBICIDAS E FLUXO GÊNICO**

elaborada por
Silvio Carlos Cazarotto Villa

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Agronomia

COMISSÃO EXAMINADORA:

Enio Marchezan, Dr.
(Presidente/Orientador)

Hector Vicente Ramirez Benitez, Dr. (IRGA)

Sérgio Luiz de Oliveira Machado, Dr. (UFSM)

Santa Maria, 30 de março de 2006.

DEDICATÓRIA

Aos meus Pais

Ademir Villa
Cleci Cazarotto Villa

Aos meus irmãos

Cledemir
Mateus

Aos meus afilhados

Rafael
Bruna

AGRADECIMENTOS

À DEUS.

À toda minha família, pelo apoio, carinho, dedicação em minha formação e pelas horas de convivência que lhes foram suprimidas.

À minha namorada Fernanda, pela compreensão, amor, carinho e constante incentivo.

Ao professor Enio Marchezan, pela amizade, dedicação, ensinamento e orientação durante os cursos de Graduação e Pós-Graduação. Aos professores Sérgio Luiz de Oliveira Machado, Luis Antonio de Avila e a professora Lia Reiniger pela co-orientação e amizade.

À Universidade Federal de Santa Maria, por ter me acolhido desde a formação Técnica até a conclusão do curso de Pós-Graduação.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, pela oportunidade de realização do curso.

À CAPES pelo apoio financeiro.

Aos estagiários e ex-estagiários do Setor de Agricultura da Universidade Federal de Santa Maria, em especial aos bolsistas Gustavo Mack Telo e Paulo Fabrício Sachet Massoni pelo apoio nos trabalhos de pesquisa e aos meus sempre amigos, Gelson Difante, Tommi Segabinazzi e Ricardo Posser da Silva.

Aos colegas do curso de Pós-Graduação em Agronomia, em especial aos colegas Edinalvo Rabaioli Camargo, Fernando Machado dos Santos e Victor Marzari, pelo convívio e amizade de vários anos.

À TODOS meus amigos que tornaram a minha vida em Santa Maria, durante esses anos, mais feliz e agradável.

À todos aqueles que, direta ou indiretamente contribuíram pelo êxito do trabalho, os meus sinceros agradecimentos.

RESUMO

Dissertação de Mestrado em Agronomia
Programa de Pós-Graduação em Agronomia
Universidade Federal de Santa Maria

ARROZ TOLERANTE A IMIDAZOLINONAS: CONTROLE DO ARROZ-VERMELHO, PERSISTÊNCIA DE HERBICIDAS E FLUXO GÊNICO

AUTOR: SILVIO CARLOS CAZAROTTO VILLA

ORIENTADOR: ENIO MARCHEZAN

Santa Maria, 30 de março de 2006.

O arroz-vermelho (*Oryza* spp.) é um dos principais fatores limitantes da produtividade de grãos do arroz irrigado (*O. sativa* L.). Após várias décadas de busca de alternativas para o controle seletivo do arroz-vermelho, desenvolveram-se genótipos de arroz tolerante a herbicida do grupo químico das imidazolinonas, o qual controla eficiente e seletivamente esta planta daninha. Para estudar e melhor entender esta tecnologia, conduziu-se dois experimentos em Santa Maria-RS no ano agrícola 2004/05. O primeiro experimento (Capítulo I) teve como objetivos: 1) avaliar a eficiência do controle de arroz-vermelho com o herbicida Only² (imazethapyr 75 g L⁻¹ + imazapic 25 g L⁻¹), 2) avaliar o residual do herbicida no solo através dos danos causados no azevém e em arroz não tolerante e 3) avaliar a taxa de ocorrência de cruzamento natural entre o arroz-vermelho e o arroz cultivado. O herbicida testado controla eficientemente o arroz-vermelho em arroz tolerante. Embora tenha-se observado fitotoxicidade, não houve redução na produtividade da cultivar tolerante. O estande inicial da cultivar IRGA 417 é afetado pelo residual do herbicida presente no solo. Ocorre cruzamento natural entre o arroz-vermelho e o arroz cultivado, sendo que a taxa de ocorrência obtida no experimento foi de 0,065%. O segundo experimento (Capítulo II) teve como objetivo avaliar o controle de arroz-vermelho e o desempenho de dois genótipos de arroz irrigado, IRGA 422 CL e Tuno CL, tolerantes a herbicidas do grupo das imidazolinonas a doses e épocas de aplicações do herbicida Only², em áreas com alta infestação de arroz-vermelho. Constata-se que o híbrido é mais tolerante ao herbicida Only², quando comparado à cultivar IRGA 422 CL, sendo possível a utilização de dose total de até 2,0 L ha⁻¹ no híbrido, em áreas com alta infestação de arroz-vermelho, sem afetar a produtividade. O controle de arroz-vermelho é total com aplicação fracionada do herbicida em pré e pós-emergência (PRE + POS), desde que o total aplicado não seja inferior a 1,25 L ha⁻¹. Esta condição é atendida pelo tratamento com 0,75 L ha⁻¹ em PRE mais 0,5 L ha⁻¹ em POS, o qual propicia a menor dose total dentre aqueles com 100% de controle, não afetando a produtividade e com fitotoxicidade semelhante ao tratamento com 1,0 L ha⁻¹ em POS, utilizado como referência.

Palavras-chave: Sistema Clearfield, imazapic, imazethapyr, IRGA 422 CL, Only[®], Tuno CL.

ABSTRACT

M.S. Dissertation in Agronomy
Programa de Pós-Graduação em Agronomia
Universidade Federal de Santa Maria

IMIDAZOLINONE TOLERANT RICE: RED RICE CONTROL, HERBICIDE PERSISTENCE AND OUTCROSSING

AUTHOR: SILVIO CARLOS CAZAROTTO VILLA

ADVISER: ENIO MARCHEZAN

Santa Maria March 30, 2006.

Red rice (*Oryza* spp.) is one of the main limiting factors to rice (*O. sativa* L.) yield. After several decades searching for red rice control tools, it was developed imidazolinone tolerant rice, to selectively control red rice. To better understand this technology it were conducted two experiments in 2004/05, in Santa Maria, Rio Grande do Sul state, Brazil. The first experiment (Chapter I) had the objective of: 1) evaluate red rice control by imidazolinone herbicides in Clearfield rice; 2) evaluate the imidazolinone herbicide carryover effect on rygrass and non-tolerant rice (IRGA 417) and 3) evaluate the outcrossing rates between Clearfield rice and red rice. The herbicides tested control red rice. Although injury to Clearfield rice was observed, the herbicide did not affected yield. It was observed herbicide carryover to non-tolerant rice, reducing plant stand. There was natural outcrossing between Clearfield rice and red rice, at rates of 0.065%. The second experiment (Chapter II) had the objective of evaluate the herbicide Only[®] (imazethapyr 75 g L⁻¹ + imazapic 25 g L⁻¹) in different application rates and timing on two genotypes, IRGA 422 CL and Tuno CL, to the imidazolinones herbicides. When compared with the cultivar, the hybrid was more tolerant to the herbicide Only[®]. It was possible to apply rates of up to 2.0 L ha⁻¹ in the hybrid, without affecting rice yield. Red rice control was total with split application of Only[®] in PRE and POST, with rates above 1.25 L ha⁻¹. The most efficient treatment was with application of 0.75 L ha⁻¹ in PRE followed by 0.5 L ha⁻¹ in POS, because, it was the lowest rate that promoted 100% control, with relatively low toxicity to the cultivar and without affecting rice yield.

Key words: Clearfield System, imazapic, imazethapyr, IRGA 422 CL, Only[®], Tuno CL.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	10
CAPÍTULO	
I ARROZ CLEARFIELD: CONTROLE DO ARROZ-VERMELHO, FLUXO GÊNICO E EFEITO RESIDUAL DO HERBICIDA ONLY® EM CULTURAS SUCESSORAS NÃO TOLERANTES	16
Resumo	16
Abstract	17
Introdução	17
Material e Métodos	19
Resultados e discussão	22
Conclusão	27
Referências bibliográficas	27
II CONTROLE DE ARROZ-VERMELHO EM DOIS GENÓTIPOS DE ARROZ (<i>Oryza sativa</i>) TOLERANTES A HERBICIDAS DO GRUPO DAS IMIDAZOLINONAS	31
Resumo	31
Abstract	32
Introdução	32
Material e Métodos	34
Resultados e discussão	35
Conclusão	41
Referências bibliográficas	41
LITERATURA CITADA GERAL	43
ANEXOS	49

INTRODUÇÃO GERAL

O arroz é uma das culturas mais importantes no mundo sendo a principal fonte nutricional para pessoas que moram em países em desenvolvimento (CHANG & LUH, 1991). No Brasil, representa cerca de 15% a 20% do total de grãos. A produção de arroz no Brasil é originária, principalmente, de lavouras irrigadas do Rio Grande do Sul (RS) e Santa Catarina (SC), que contribuem com cerca de 60% da produção nacional. Somente o RS, com 25% da área cultivada do País, contribui com mais de 50% do total do arroz produzido e com 6,8% da safra de grãos, além de representar 77% do arroz irrigado colhido no País (AZAMBUJA et al., 2004). Apesar do Rio Grande do Sul ser o maior produtor nacional e apresentar produtividade superior a 6 t ha^{-1} , tem enfrentado sérios problemas devido a ocorrência de arroz-vermelho, estando presente quase na totalidade das áreas arrozeiras do Estado.

Dentre as principais razões para a crescente infestação de arroz-vermelho, citam-se o cultivo sucessivo de arroz, o uso de sementes não isentas de arroz-vermelho e a ineficácia das práticas isoladas de manejo adotadas pelos agricultores. Ainda, no Estado, os principais sistemas de semeadura do arroz são o cultivo mínimo e cultivo convencional, o que sabidamente não são os melhores sistemas para o controle do arroz-vermelho. Já em SC, este problema é minimizado pela utilização do sistema pré-germinado, o qual consiste em semear, sob lâmina de água, as sementes já germinadas do arroz cultivado. Assim, as sementes de plantas daninhas, principalmente as gramíneas, presentes no solo encharcado e com o oxigênio praticamente ausente, não conseguem germinar.

O arroz-vermelho é considerado planta daninha, causando sérios problemas na maior parte das áreas cultivadas com arroz irrigado do mundo. Não é aceito como arroz tipo comercial devido a coloração avermelhada do pericarpo que não é completamente removida durante o processo de polimento no beneficiamento, depreciando a qualidade, e conseqüentemente, o valor comercial do arroz cultivado (OLIVEIRA & BARROS, 1986; MENEZES et al., 1997). Segundo LEITÃO FILHO et al. (1972), além da coloração avermelhada do pericarpo, o arroz-vermelho apresenta alta debulha natural, com plantas mais altas do que as cultivares de arroz de porte moderno sendo mais suscetíveis ao acamamento, apresenta maior perfilhamento e a

suas sementes possuem altos índices de dormência. Estas características fazem do arroz-vermelho a mais importante planta daninha do arroz irrigado.

Botanicamente, o arroz-vermelho pertence a mesma espécie do arroz cultivado. Devido à semelhança entre ambos, o controle com herbicidas torna-se difícil (LORENZI, 1991), sendo inviável o uso de herbicidas seletivos ao arroz (COBUCCI & NOLDIN, 1999). Assim, seu controle requer a combinação de múltiplas ações, como: emprego de sementes isentas de arroz-vermelho, mudança no sistema de cultivo, uso da rotação de culturas, manejo adequado da água de irrigação e adoção de técnicas culturais alternativas (FISCHER & RAMIREZ, 1993).

O desenvolvimento de plantas de arroz tolerantes a herbicidas do grupo químico das imidazolinonas, apresenta-se como alternativa para o controle seletivo de arroz-vermelho na lavoura de arroz. Estas plantas foram oriundas de mutação induzida por radiação gama e/ou transformação química por etil metanosulfonato – EMS (CROUGHAN, 1998). Os herbicidas pertencentes ao grupo químico das imidazolinonas são inibidores da enzima acetolactato sintetase (ALS), a qual é essencial para a síntese de aminoácidos de cadeia ramificada (valina, isoleucina e leucina). Estes herbicidas são no geral móveis tanto no xilema como no floema, podendo ser absorvidos e translocados tanto a partir das folhas como das raízes, com níveis diferentes para os vários produtos. Com a inibição da síntese dos aminoácidos há paralisação no crescimento celular e na síntese de DNA. Também inibem o transporte de fotossintetizados a partir das folhas verdes. O uso desses herbicidas em genótipos tolerantes constitui-se, assim, numa ferramenta eficiente para o controle de arroz-vermelho (STEELE et al., 2002; OTTIS et al., 2003; WEBSTER et al., 1998).

O grupo químico das imidazolinonas, ao qual pertencem os herbicidas imazapic e imazethapyr, apresenta como principais mecanismos de dissipação a degradação microbiana (GOETZ et al., 1990) e a decomposição fotolítica, especialmente quando exposto à luz ultravioleta (MALLIPUDI et al., 1991). O comportamento das imidazolinonas no solo é fortemente afetado por propriedades do solo como o pH (LOUX & REESE, 1992), a umidade (BAUGHMAN & SHAW, 1996), o teor de matéria orgânica (STOUGAARD et al., 1990) e a textura (LOUX & REESE, 1993). Já, a mobilidade e a eficiência geralmente decrescem com o aumento da sorção pelos colóides do solo. A variabilidade das propriedades físicas e químicas do solo pode provocar uma retenção diferencial dos herbicidas que, por

sua vez, reflete numa disponibilidade diferencial do herbicida na solução do solo, podendo gerar uma variação no controle das plantas daninhas (GERSTL, 2000), especialmente em grandes áreas cultivadas onde a aplicação do herbicida é feita numa única dose. A retenção diferencial também pode acarretar numa variabilidade no potencial de lixiviação do produto (OLIVEIRA Jr. et al., 1999) ou na sua permanência no solo por um determinado período.

Segundo RENNERT et al. (1998) herbicidas do grupo das imidazolinonas podem apresentar residual no solo por até dois anos e, dependendo da cultura sucessora, podem causar fitotoxicidade (BALL et al., 2003). MONKS & BANKS (1991) observaram danos leves no milho e severo no algodão quando o imazaquin foi aplicado na cultura da soja no ano anterior. RENNERT et al. (1988) observaram dano significativo no milho quando aplicado imazaquin um ou dois anos antes. Para o imazethapyr, foram observados danos moderados no milho (MILLS & WITT, 1989). JOHNSON et al. (1992) observou danos leves, mas significantes na cultura do arroz quando aplicou-se imazethapyr na soja no ano anterior.

Os resultados de persistência do imazethapyr no solo, se baseiam em estudos realizados nos Estados Unidos e Europa, onde as condições edafoclimáticas são diferentes das encontradas no Brasil, o que modifica o comportamento no solo e, conseqüentemente, a resposta de culturas não tolerantes semeadas em sucessão. No Brasil, há indícios de que resíduos de imazethapyr possam afetar o milho e sorgo cultivados após a soja (SILVA et al., 1999a, 1999b). Em solos de várzea, onde é cultivado o arroz irrigado, a persistência destes herbicidas pode ocorrer por um período maior, pois a dissipação é rápida em solos com temperatura e conteúdo de umidade que favorecem atividade microbiana (GOETZ et al., 1990, LOUX & REESE 1993). Assim, deve-se utilizar o preparo do solo e manter a área drenada sempre que possível para que a radiação solar aumente a temperatura do solo e os microorganismos atuem na degradação destes herbicidas.

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 for observado. Os autores ainda salientam que o arroz não tolerante deve ser semeado a partir do

18º mês após a aplicação de imazethapyr. O uso continuado de arroz tolerante, sem rotação, provocará grande pressão de seleção no arroz-vermelho, gerando biótipos de arroz-vermelho tolerantes a esse herbicida. Por isso, preconiza-se, que após o uso do imazethapyr por dois anos, deva-se deixar o solo em pousio por, no mínimo, um ano ou utilizar uma cultura sucessora tolerante.

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. Doses de 36 a 140 g/ha aplicados em vários estágios de desenvolvimento do arroz-vermelho mostram-se eficientes (DILLON et al., 1998; STEELE et al., 2000; WHITE & HACKWORTH 1999), mas quando a dose aplicada em pós-emergência é elevada pode causar injúria às plantas de arroz de cultivares com menor tolerância, resultando em redução da produtividade.

O controle de arroz-vermelho pelo herbicida imazethapyr é afetado pelo manejo da água, que é o fator que determina a quantidade de imazethapyr disponível para ser absorvido pela planta, tornando-se mais disponível com umidade do solo elevada (SCIUMBATO et al., 2003). AVILA et al. (2005) citam como sendo necessário o estabelecimento de lamina de água até 14 dias após a aplicação do herbicida, quando o mesmo é aplicado em pós-emergência (POS) precoce e aos sete dias após a emergência, quando aplicado em POS-médio. Já WILLIAMS et al. (2002) relata que se a umidade do solo baixar demais após a aplicação em pré-emergência (PRE) ou quando o intervalo entre a aplicação em POS e a irrigação definitiva for maior, o controle de arroz-vermelho é reduzido drasticamente, comprometendo o sucesso deste sistema.

Neste sistema, para o controle de 100% do arroz-vermelho há necessidade de duas aspersões de imazethapyr, uma em PRE e outra em POS (STEELE et al., 2002; OTTIS et al., 2003). Embora o controle de arroz-vermelho seja eficiente, geralmente não chega a 100%. Em vista disso, a longo prazo, pode comprometer o sistema pelo fato de que o arroz-vermelho não controlado, pode cruzar com o arroz cultivado. Diversos estudos têm mostrado que o arroz-vermelho pode cruzar naturalmente com o arroz cultivado (GEALY et al., 2003) produzindo híbridos que poderiam incorporar características de ambos, aumentando a sua agressividade como planta daninha (NOLDIN et al., 2002). Apesar do arroz ser uma planta autógama, a literatura menciona a ocorrência de fecundação cruzada, em taxas ao redor de 1% (GEALY et al., 2003; MESSEGUER et al., 2001), variando com o

ambiente e genótipos, tendo sido relatadas taxas de cruzamento superiores a 50% (LANGEVIN et al., 1990).

Recentemente, pela introdução de plantas transgênicas na agricultura, muitos estudos têm-se desenvolvidos com o objetivo de avaliar o fluxo gênico entre o arroz geneticamente modificado (GM) e o arroz comercial não GM. Estes estudos mostraram que ocorre fluxo gênico entre o arroz-vermelho e o arroz GM quando cultivados lado a lado ou em distâncias curtas (SANDERS et al., 1998; MESSEGUER et al., 2001; NOLDIN et al., 2002). Sob condições de plena sincronia na floração entre a planta daninha e o arroz GM e considerando este arroz como doador ou receptor de pólen, os autores reportaram taxas de cruzamento que variaram de 0,02 a 0,26% (NOLDIN et al., 2002). MESSEGUER et al. (2001) detectaram taxas de fluxo gênico entre o arroz GM e o não GM inferiores a 0,1% em parcelas localizadas lado a lado. Assim, qualquer gene de tolerância introduzido em cultivares comerciais de arroz poderá em curto espaço de tempo ser incorporado ao complexo de arroz-vermelho infestante das lavouras comerciais, através do fluxo de pólen das cultivares geneticamente modificados. Para isso, é necessária a avaliação do comportamento dos híbridos resultantes, visando gerar conhecimento sobre possíveis alterações nas características das plantas híbridas originárias do cruzamento entre o arroz transgênico e o arroz-vermelho (NOLDIN et al., 2004).

Nas condições edafoclimáticas do Rio Grande do Sul, MAGALHÃES 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 os mesmos 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 cinco metros. Nos Estados Unidos, DILLON et al. (2002) encontraram três plantas de arroz-vermelho híbridas em 12 mil sementes analisadas e ESTORNINOS et al. (2003) mencionam que as taxas de cruzamento entre o arroz tolerante e o arroz-vermelho variam com a cultivar e, embora numericamente pequeno, podem resultar em centenas ou milhares de plantas, dependendo do nível de infestação na área. Para DILLON et al. (2002), o fluxo gênico só ocorre caso aconteça deficiência no controle de arroz-vermelho; por isso as aplicações de herbicidas devem ser monitoradas visando preservar esta tecnologia. Assim, com

possível surgimento de biótipos de arroz-vermelho tolerante a imidazolinonas, a longevidade do sistema pode ser reduzida.

Em vista do exposto, faz-se necessário estudar a melhor combinação de épocas e doses destes herbicidas para o controle do arroz-vermelho e os seus efeitos no solo, além da taxa de cruzamento natural entre o arroz-vermelho e o arroz cultivado.

CAPÍTULO I

ARROZ CLEARFIELD: CONTROLE DO ARROZ-VERMELHO, FLUXO GÊNICO E EFEITO RESIDUAL DO HERBICIDA ONLY® EM CULTURAS SUCESSORAS NÃO TOLERANTES

CLEARFIELD RICE: RED RICE CONTROL, OUTCROSSING AND HERBICIDE CARRYOVER TO NON-TOLERANTS CROPS

Resumo

Após várias décadas de busca de alternativas para o controle do arroz-vermelho, desenvolveram-se genótipos de arroz tolerante a herbicida do grupo químico das imidazolinonas, o qual controla eficientemente esta planta daninha no Sistema Clearfield. O experimento teve como objetivos: 1) avaliar a eficiência do controle de arroz-vermelho com o herbicida Only[®] (imazethapyr 75 g L⁻¹ + imazapic 25 g L⁻¹), 2) avaliar o residual do herbicida no solo através dos danos causados no azevém e em arroz não tolerante e 3) avaliar 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 12 repetições. Para determinar o fluxo gênico entre o arroz tolerante a imidazolinonas e o arroz-vermelho, coletou e analisou-se as panículas de arroz-vermelho não controladas. O efeito residual do herbicida em culturas não tolerante foi verificado através de coleta de fitomassa de azevém e do estande inicial da cultivar de arroz não tolerante semeada no ano seguinte. O herbicida testado controla eficientemente o arroz-vermelho em arroz tolerante e a fitotoxicidade inicial não reduz a produtividade da cultivar tolerante. O estande inicial da cultivar IRGA 417 é afetado pelo residual do herbicida presente no solo. Os resultados mostram também que ocorre cruzamento natural entre o arroz-vermelho e o arroz cultivado sendo que 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, it was developed imidazolinone tolerant rice, to selectively control red rice. To better understand this technology it were conducted two experiments in 2004/05, in Santa Maria, Rio Grande do Sul state, Brazil. The experiment had the objective of: 1) evaluate red rice control by imidazolinone herbicides in Clearfield rice; 2) evaluate the imidazolinone herbicide carryover effect on rygrass 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, it was collected and analyzed virtually all red rice panicle in the area. The carryover affect we tested using rygrass and a non-tolerant rice cultivar (IRGA 417). The herbicides tested control red rice. Although injury to Clearfield rice was observed, the herbicide did not affected yield. It was observed herbicide carryover to non-tolerant rice, reducing plant stand. There was natural outcrossing between Clearfield rice and red rice, at rates of 0.065%.

Key words: IRGA 422 CL, imazethapyr, imazapic, persistence.

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 elevadas reduções 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 à mesma espécie, 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 a utilização de cultivares que detêm elevada capacidade competitiva (BALBINOT Jr. et al., 2003b).

Como alternativa de controle químico do arroz-vermelho, desenvolveu-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 metanosulfonato – EMS (CROUGHAN, 1998). A partir da safra 1998/1999, pesquisadores do Instituto Riograndense do Arroz (IRGA) iniciaram o processo de transferência dessa característica, através de retrocruzamento, para seus genótipos (LOPES et al., 2001). Os herbicidas pertencentes ao grupo químico das imidazolinonas são inibidores da acetolactato sintetase (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 impede a emergência de novas plântulas por um determinado período. O uso desses herbicidas em genótipos de arroz tolerante permite o controle seletivo do arroz-vermelho e 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, podem 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 for observado. O arroz não tolerante deve ser semeado, por exemplo, a partir do 18º mês após a aplicação de imazethapyr. Porém, o uso continuado de arroz tolerante, 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 a necessidade de duas aspersões de imazethapyr, uma em pré-emergência e uma 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, fluxo que fica em menos de 1,0% (GEALY et al., 2003). Nas condições edafoclimáticas do Rio Grande do Sul, MAGALHÃES 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 os mesmos 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 cinco metros.

Já nos Estados Unidos, DILLON et al. (2002) encontraram três plantas de arroz-vermelho híbridas em 12 mil sementes analisadas e ESTORNINOS et al. (2003) citam que as taxas de cruzamento entre o arroz tolerante e o arroz-vermelho variam dependendo da cultivar e, embora numericamente pequeno, podem resultar em centenas ou milhares de plantas, dependendo do nível de infestação na área. Segundo DILLON et al. (2002), 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 esta 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 1) avaliar a eficiência do controle de arroz-vermelho com o herbicida Only[?] (imazethapyr 75 g L⁻¹ + imazapic 25 g L⁻¹), 2) avaliar o residual do herbicida no solo através dos danos causados no azevém e em arroz não tolerante e 3) avaliar 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 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 de arroz-vermelho m⁻². A semeadura da cultivar tolerante, IRGA 422 CL, foi realizada 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 junto à 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 (PRE), um dia após a semeadura, foi efetuada com um pulverizador costal pressurizado com CO₂ munido de pontas leque 11002, com uma vazão de 125 L ha⁻¹. O grau de umidade do solo no momento dessa aplicação encontrava-se adequado para a germinação das sementes, sendo que na semana seguinte ocorreu precipitação pluvial de 50 mm, constituindo-se numa condição favorável para aplicação em PRE desse herbicida. A aplicação em pós-emergência (POS), 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 encontravam-se 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 POS, 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 taipadeira 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, para 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 inundação; e 60 kg ha⁻¹ de N na iniciação da panícula (R0). Juntamente com a segunda aplicação de N em cobertura, foi utilizado 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 população de plantas em um metro de comprimento da linha de semeadura. No mesmo local, efetuou-se a contagem do número colmos aos 23 e 48 DAE. Nessa mesma área, determinou-se o número de panículas por planta e coletou-se 10 panículas, das quais determinou-se o número de grãos por panícula e a massa de mil grãos. A avaliação de fitotoxicidade ao arroz tolerante foi realizada aos 15 dias após a aplicação dos tratamentos em POS. As avaliações do controle de arroz-vermelho foram realizadas aos 62 dias após a aplicação do tratamento em POS (DAT), no dia da colheita, sendo os valores estimados visualmente utilizando uma escala de 0 a 100%, onde 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, coletou-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 germinação (SILVA, 2003). Aos quatro dias após a semeadura em papel de germinação foi realizada a avaliação, na qual foram consideradas oriundas do cruzamento as plantas que germinaram normalmente.

O efeito residual dos herbicidas em culturas não tolerante foi verificado através de coleta de fitomassa da cultura do azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) e da avaliação do estande inicial da cultivar não tolerante (IRGA 417) semeada no 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 avaliação do estande inicial da cultivar não tolerante foi realizada através da contagem da população de plantas em um metro de comprimento da linha de semeadura. No referido ano foi utilizado o sistema plantio direto para não haver contaminação do solo entre as parcelas caso fosse realizado o preparo convencional.

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

Resultados e discussão

Não houve influência dos tratamentos com herbicidas no estande inicial do arroz (Tabela 1), demonstrando que a aplicação em PRE de Only[®], não afetou a emergência do arroz tolerante. O número de colmos por planta do arroz, aos 23 DAE, foi menor quando se aplicou o herbicida apenas em POS, porém o número de colmos por planta avaliado aos 48 DAE não foi afetado pelo herbicida. Isto indica que a fitotoxicidade do herbicida, que foi superior no tratamento com a aplicação apenas em POS, 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, isso 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 POS, 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.

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 POS (DAT) e controle de arroz-vermelho (AV) aos 62 DAT e na colheita da cultivar IRGA 422 CL. Santa Maria, RS. 2006.

Herbicida	Tratamentos		EI	Colmos por planta		FITO	Controle de AV	
	PRE ^{1/}	POS ^{2/}		23 DAE	48 DAE		62 DAT	Pré-colheita
	g de i.a. ha ⁻¹		plantas m ⁻²	n ^o		%		
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
C.V.(%)			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 estágio V₅, segundo escala de Counce et al. (2000); ^{3/} Recomendação para o cultivo do arroz Clearfield no Brasil; ^{4/} Para a análise, os dados foram transformados para $yt \cdot \arccos(\sqrt{(y \cdot 0,5)/100})$; ^{5/} Controle de AV e a fitotoxicidade no arroz foram avaliados visualmente em percentagem, onde 0 corresponde a ausência de controle ou fitotoxicidade e 100 para 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 em nível de 5% de probabilidade de erro.

A estatura de plantas, avaliada no momento da colheita, não foi afetada pela aplicação do herbicida (Tabela 2). Para os componentes do 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 da cultivar IRGA 422 CL não foi afetada pelos tratamentos com o herbicida, ainda que na avaliação de fitotoxicidade inicial tenha 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 e AGOSTINETTO et al., 2005). O tratamento com aplicação do herbicidas apenas em POS ocasionou maior fitotoxicidade, mas sem reflexos na produtividade. Porém, em condições adversas para o 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 POS, se comparado à aplicação em PRE.

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 da cultivar IRGA 422 CL. Santa Maria, RS. 2006.

Tratamentos			Estatura	PMQ	EP	EE	MMG	Produtividade de grãos
HERBICIDA	PRE ^{1/}	POS ^{2/}						
	g de i.a. ha ⁻¹		cm	n ^o	n ^o	% ^{4/}	g	kg ha ⁻¹
Testemunha	0	0	--- ^{5/}	---	---	---	---	---
Imazethapyr +imazapic ^{3/}	0	100	74 ^{ns}	662 ^{ns}	74 ^{ns}	24 ^{ns}	28 ^{ns}	5765 ^{ns}
Imazethapyr +imazapic	50	50	73	632	81	25	28	5764
Média			74	647	78	25	28	5765
C.V.(%)			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 V₅, segundo escala de Counce et al. (2000); ^{3/} Recomendação para o cultivo do arroz Clearfield no Brasil; ^{4/} Para a análise, os dados foram transformados para $yt \sqrt{y} ? 1$; ^{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 em nível de 5% de probabilidade de erro

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 este tratamento.

Para determinar o fluxo gênico entre arroz-vermelho e arroz tolerante a imidazolinonas, coletou-se e analisou-se todas as 4637 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). Tais 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) citam que as taxas de cruzamento entre o arroz tolerante e o arroz-vermelho variam de 0,0045% a 0,0014%, dependendo da cultivar. Segundo MAGALHÃES 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 cinco metros. Cabe ressaltar que as sementes coletadas

foram oriundas das plantas que estavam na parcela, ou seja, a distância entre o arroz-vermelho e a 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-se 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 da cultivar IRGA 417, semeados em sucessão a aplicação dos herbicidas (Tabela 4). Verificou-se que, nas avaliações de massa seca do azevém, o tratamento com menor valor foi a testemunha. Isto se deve a 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 o 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.

Tabela 3. Efeito residual do herbicida imazethapyr + imazapic na massa seca (MS) do azevém (*Lolium multiflorum*) coletada aos 119 e 137 dias após a semeadura (DAS). Santa Maria, RS. 2006.

Tratamentos			MS 119 DAS	MS 137 DAS
HERBICIDA	PRE ^{1/}	POS ^{2/}		
	g de i.a. ha ⁻¹		kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹
Testemunha	0	0	1997 b ^{4/}	2760 b
Imazethapyr +imazapic ^{3/}	0	100	2509 a	3130 ab
Imazethapyr +imazapic	50	50	2506 a	3320 ab
Média			2337	3070
C.V.(%)			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 Clearfield no Brasil; ^{4/} Na coluna, médias não seguidas da mesma letra para cada parâmetro analisado, diferem pelo teste de Tukey (P=0,05).

O estande inicial da cultivar IRGA 417 foi afetado negativamente 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. Em geral, a persistência dos herbicidas do grupo das imidazolinonas

aumenta conforme aumenta o teor de argila e matéria orgânica do solo, diminuindo com o aumento do pH (MANGELS, 1991; OLIVEIRA Jr. et al., 1999; STOUGAARD et al., 1990). Segundo MARSH & LLOYD (1996), para a cultura do milho os maiores danos de persistência do herbicida imazaquin ocorrem quando o pH for menor ou igual a 5,5, sendo assim, nas condições do experimento, com baixo teor de argila e de matéria orgânica, o principal fator de solo que atua na persistência destes herbicidas é o pH. Comparando o estande inicial da cultivar IRGA 417 com o estande da cultivar IRGA 422 CL, observa-se que este foi menor na cultivar não tolerante. Mesmo o estande da cultivar tolerante foi afetado quando no ano anterior utilizou-se herbicidas do grupo das imidazolinonas. Os principais mecanismos à degradação destes herbicidas no solo são a degradação microbiana (GOETZ et al., 1990) e a decomposição fotolítica, especialmente quando exposto à luz ultravioleta (MALLIPUDI et al., 1991). Portanto, deve-se levar em conta o sistema de cultivo utilizado, que foi o plantio direto, assim sendo, ocorre uma menor exposição das partículas do solo a luz e a ação dos microorganismos, diminuindo conseqüentemente a degradação destes herbicidas.

Tabela 4. Efeito residual do herbicida imazethapyr+imazapic no estande inicial (EI) das cultivar IRGA 417 e IRGA 422 CL, na safra 2005/06, semeada um ano após a utilização de herbicidas do grupo das imidazolinonas. Santa Maria, RS. 2006.

Tratamentos utilizados na safra 04/05		EI	Redução EI	EI	Redução EI	
HERBICIDA	PRE ^{1/}	POS ^{2/}	IRGA 417		IRGA 422 CL	
	g ha ⁻¹ de i.a.		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
C.V.(%)			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 Clearfield no Brasil; ^{4/} Na coluna, médias não seguidas da mesma letra, diferem pelo teste de Tukey (P=0,05).

Conclusão

O herbicida Only², controla eficientemente o arroz-vermelho em arroz tolerante, e, embora apresente alta fitotoxicidade inicial no primeiro ano de aplicação, não afeta a produtividade da cultivar tolerante.

O estande inicial da cultivar IRGA 417 é afetado pelo residual do herbicida Only² presente no solo.

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

Referências bibliográficas

AGOSTINETTO, D. et al. Arroz-vermelho: ecofisiologia e estratégias de controle. **Ciência Rural**, v. 31, n. 2, p. 341-349, 2001.

_____ 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. 567p. p.143-145. v. 1.

BALBINOT JR., A.A. et al. Características de plantas de arroz e a habilidade competitiva com plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 21, n. 2, p.165-174, 2003b.

BALL, D.A. et al. Effect of imazamox soil persistence on dryland rotationl crops. **Weed Technology**, vol. 17, n. 1, p. 161-165, 2003.

COUNCE, P.A. et al. A uniform, objective, and adaptive system for expressing rice development. **Crop Science**, 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=/netahhtml/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 Science**, Champaign, 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 Technology**, 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 Science**, 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. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 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. **Ciência Rural**, v. 24, n. 2, p. 415-421, 1994.

MARSH, B.H.; LLOYD, R.W. Soil pH effect on imazaquin persistence in soil. **Weed Technology**, v. 10, n. 2, p. 337-340, 1996.

OLIVEIRA Jr., R.S. et al. Spatial variability of imazethapyr sorption in soil. **Weed Science**, 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 Technology**, v. 17, n. 3, p. 526-533, 2003.

RENNER, K.A. et al. Effect of tillage and application method on corn (*Zea mays*) response to imidazolinone residues in soil. **Weed Technology**, v. 12, n. 2, p. 281-285, 1998.

SILVA, M.P. **Identificação de sementes de arroz mutante tolerante ao princípio herbicida imazethapyr**. 2003. 30f. 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.

_____ Control of red rice (*Oryza sativa*) in imidazolinone-tolerant rice (*O. sativa*). **Weed Technology**, 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 Science**, Champaign, v. 36, n. 1, p. 67-73, 1990.

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

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 Agriculture**, v. 45, n. 1. p. 16-17, 2002.

CAPÍTULO II

CONTROLE DE ARROZ-VERMELHO EM DOIS GENÓTIPOS DE ARROZ (*Oryza sativa*) TOLERANTES A HERBICIDAS DO GRUPO DAS IMIDAZOLINONAS

RED RICE CONTROL IN TWO RICE GENOTYPES TOLERANT/RESISTENT TO THE IMIDAZOLINONES HERBICIDES

Resumo

O arroz-vermelho (*Oryza* spp.) é um dos principais fatores limitantes da produtividade de grãos do arroz irrigado (*O. sativa* L.). Este trabalho teve como objetivo avaliar o controle de arroz-vermelho e o desempenho de dois genótipos de arroz irrigado, IRGA 422 CL e Tuno CL, a herbicidas do grupo das imidazolinonas a doses e épocas de aplicações do herbicida Only² (imazethapyr 75 g L⁻¹ + imazapic 25 g L⁻¹), em áreas com alta infestação de arroz-vermelho. O experimento foi conduzido em Santa Maria-RS no ano agrícola 2004/05. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso em esquema bifatorial (2x10) com quatro repetições. O fator A foi composto por dois genótipos de arroz tolerantes as imidazolinonas, uma cultivar (IRGA 422 CL) e um híbrido (Tuno CL); e o fator D pelos tratamentos para o controle de arroz-vermelho oriundo de combinações de doses e épocas de aplicação do herbicida. Constata-se que o híbrido é mais tolerante ao herbicida Only², quando comparado à cultivar, sendo possível a utilização de dose total de até 2,0 L ha⁻¹ no híbrido, em áreas com alta infestação de arroz-vermelho, sem afetar a produtividade. O controle de arroz-vermelho é total com aplicação fracionada do herbicida em pré e pós-emergência (PRE + POS), desde que o total aplicado não seja inferior a 1,25 L ha⁻¹. Esta condição é atendida pelo tratamento com 0,75 L ha⁻¹ em PRE mais 0,5 L ha⁻¹ em POS, o qual propicia a menor dose total dentre aqueles com 100% de controle, não afetando a produtividade e apresentando fitotoxicidade semelhante ao tratamento com 1,0 L ha⁻¹ em POS, utilizado como referência.

Palavras-chave: Clearfield, imazapic, imazethapyr, IRGA 422 CL, Only[®], Tuno CL.

Abstract

Red rice (*Oryza* spp.) is one of the main limiting factors to rice (*O. sativa* L.) yield. It was conducted an experiment with the objective of evaluate red rice control and the behavior of two rice genotypes, one tolerant and one resistant, to the imidazolinones herbicides to Only[®] (imazethapyr 75 g L⁻¹ + imazapic 25 g L⁻¹) application rates and timing. The experiment was conducted in Santa Maria, RS, Brazil, in 2004/05. The experimental was a factorial in randomized block design with four replications. The factor A included the rice genotypes: a tolerant cultivar (IRGA 422 CL) and a resistant hybrid (Tuno CL); and the factor D included the treatments for red rice control which was a combination of rates and herbicide application timing. When compared with the cultivar, the hybrid was more tolerant to the herbicide Only[®]. It was possible the application of rates up to 2.0 L ha⁻¹ in the hybrid, without affecting rice yield. Red rice control was total with split application of Only[®] in PRE and POST, with the total rate above 1.25 L ha⁻¹. The most efficient treatment was with application of 0.75 L ha⁻¹ in PRE followed by 0.5 L ha⁻¹ in POS, because, it was the lowest rate that promoted 100% control, with relatively low toxicity to the cultivar and without affecting rice yield.

Key words: Clearfield, imazapic, imazethapyr, IRGA 422 CL, Only[®], Tuno CL.

Introdução

O arroz-vermelho é a principal planta daninha da cultura do arroz irrigado no mundo, reduzindo a produtividade e a qualidade do produto colhido. Após várias décadas de busca de alternativas para o controle seletivo do arroz-vermelho, desenvolveram-se genótipos de arroz tolerantes a herbicida do grupo químico das imidazolinonas, através de mutação induzida por radiação gama e/ou transformação química por etil metanosulfonato – EMS (CROUGHAN, 1998). O uso destes herbicidas em genótipos com essa característica, constitui-se numa ferramenta eficiente para o controle de arroz-vermelho (STEELE et al., 2002; OTTIS et al., 2003; WEBSTER et al., 1998).

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. O controle pode atingir 100% neste sistema, mas para que este nível seja alcançado há a necessidade de duas aspersões de imazethapyr, uma em pré-emergência (PRE) e uma em pós-emergência (POS) (STEELE et al., 2002; OTTIS et al., 2003). Em diferentes estádios de desenvolvimento, doses de 36 a 140 g ha⁻¹ foram eficientes no controle de arroz-vermelho, mas em pós-emergência a toxicidade nas plantas é elevada em genótipos com menor tolerância podendo resultar na redução da produtividade (STEELE et al., 2002; PELLERIN e WEBSTER, 2004).

Nos EUA, preconiza-se à utilização de aplicações seqüenciais de imazethapyr: uma com 70 g ha⁻¹, em pré-plantio incorporado ou PRE, seguido de 70 g ha⁻¹ em POS, com o arroz no estádio de três a cinco folhas, independente da textura do solo (OTTIS et al., 2003). Por outro lado, no Brasil, preconiza-se uma única aplicação de 1,0 L ha⁻¹ de Only[®] em POS quando as plantas de arroz-vermelho encontram-se no estádio de até quatro folhas. À medida que a aplicação é atrasada, a eficiência de controle diminui, principalmente em áreas com alta infestação, podendo ocorrer cruzamento natural entre o genótipo de arroz tolerante ao herbicida e o arroz-vermelho (GEALY et al., 2003). O fluxo gênico ocorre quando há deficiente controle, podendo causar o surgimento de biótipos de arroz-vermelho tolerante a imidazolinonas, abreviando a longevidade dessa tecnologia. Por isso, é importante também a utilização de práticas integradas de manejo visando aumentar o controle do arroz-vermelho e reduzir a possibilidade deste cruzamento natural.

Em vista do exposto, foi conduzido um experimento com o objetivo de avaliar o controle de arroz-vermelho e o desempenho de dois genótipos de arroz irrigado, IRGA 422 CL e Tuno CL, a herbicidas do grupo das imidazolinonas a doses e épocas de aplicações do herbicida Only[?] (imazethapyr 75 g L⁻¹ + imazapic 25 g L⁻¹), em áreas com alta infestação de arroz-vermelho.

Material e métodos

O experimento foi conduzido no ano agrícola 2004/05, em um Planossolo Hidromófico 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 delineamento experimental foi de blocos ao acaso em esquema bifatorial (2 x 10), com quatro repetições. O fator A foi composto por dois genótipos de arroz tolerantes as imidazolinonas, uma cultivar (IRGA 422 CL) e um híbrido (Tuno CL), e o fator D pelos tratamentos com Only[®] que é uma mistura formulada de 75 g L⁻¹ de imazethapyr e 25 g L⁻¹ de imazapic (Tabela 5).

Para homogeneizar o banco de sementes de arroz-vermelho, juntamente com a aplicação da adubação de base (6, 60 e 90 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente), dois dias antes da semeadura do arroz, distribuiu-se a lanço e incorporou-se ao solo a quantidade de 125 kg ha⁻¹ de sementes de arroz-vermelho, obtendo-se população média de 219 plantas de arroz-vermelho m⁻². A semeadura do arroz cultivado foi realizada em linhas espaçadas de 20cm, no dia 29/10/2004, utilizando-se 108 e 45 kg ha⁻¹ de sementes, para a cultivar e para o híbrido, respectivamente.

A aplicação do herbicida em PRE, um dia após a semeadura, foi efetuada com um pulverizador costal pressurizado com CO₂ munido de pontas leque 11002, com uma vazão de 125 L ha⁻¹. O grau de umidade do solo no momento dessa aplicação encontrava-se adequado para a germinação das sementes, sendo que na semana seguinte ocorreu precipitação pluvial de 50 mm, constituindo-se numa condição favorável para aplicação em PRE desse herbicida. A aplicação em POS, 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 encontravam-se 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 POS, a área foi inundada, mantendo-se lâmina d'água constante de aproximadamente 5 cm de altura. O nitrogênio foi aplicado na forma de uréia e parcelado em três épocas: 6 kg ha⁻¹ de N na semeadura; 60 kg ha⁻¹ de N no estágio V4, um dia antes da inundação; e 60 kg ha⁻¹ de N na iniciação da panícula (R0). Juntamente com a terceira aplicação de N, foi aplicado 500 g ha⁻¹ do inseticida carbofuran para controlar larvas do gorgulho-aquático-do-arroz (*Oryzophagus oryzae*).

Efetuuou-se a contagem do número de colmos em um metro linear na linha de semeadura, previamente demarcada em cada parcela, aos 24, 36 e 48 DAE. Nessa mesma área, determinou-se o número de panículas por planta e coletou-se 10 panículas, das quais determinou-se o número de grãos por panícula e a massa de

mil grãos. A avaliação de fitotoxicidade ao arroz tolerante foi realizada aos 16 dias após a aplicação dos tratamentos em POS. A avaliação do controle de arroz-vermelho foi realizada no dia da colheita, sendo os valores estimados visualmente utilizando uma escala de 0 a 100%, onde 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 8,0m² (5,0 x 1,6m), 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. Os dados foram submetidas à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Tukey (P=0,05). Para a análise estatística, os dados de controle de arroz-vermelho e fitotoxicidade foram transformados para $yt = \arcseno\sqrt{(y - 0,5)/100}$ e os demais dados em porcentagem foram transformados para $yt = \sqrt{y - 1}$.

Resultados e discussão

Para produtividade de grãos, fitotoxicidade e controle de arroz-vermelho (Tabela 4), houve interação entre genótipos e tratamentos do herbicida. O híbrido (Tuno CL) destacou-se como genótipo mais produtivo do que a cultivar (IRGA 422 CL), independente da dose ou época de aplicação do herbicida, com exceção da testemunha (D1). A utilização do herbicida proporcionou aumento da produtividade de grãos em relação a testemunha, com acréscimo de 55% para a cultivar e de 121% para o híbrido. No híbrido, as doses e épocas não afetaram a produtividade de grãos, porém para a cultivar, houve redução nos tratamentos D7 e D8 em relação a D2. Apesar dessa diferença na produtividade deve-se considerar que a dose utilizada em D2, abaixo da recomendada, pode não reproduzir os mesmos resultados em diferentes condições de ambiente e manejo, ocorrendo risco de escape de arroz-vermelho.

Tabela 5. Produtividade de grãos, fitotoxicidade aos 16 dias após a aplicação do tratamento em POS e controle de arroz-vermelho (AV) no dia da colheita, em resposta a doses e épocas de aplicação do herbicida Only^{1/} utilizando genótipos de arroz tolerante. Santa Maria-RS, 2006

Código do tratamento	Doses de Only ^{1/}			Genótipos					
	PRE ^{2/}	POS ^{3/}	Total	Produtividade de grãos		Fitotoxicidade		Controle de AV	
				IRGA 422 CL	Tuno CL	IRGA 422 CL	Tuno CL	IRGA 422 CL	Tuno CL
	----- L ha ⁻¹ -----			----- kg ha ⁻¹ -----		----- % ^{4,5/} -----			
D1	0	0	0	A 4.720 c ^{6/}	A 4.978 b	---	---	---	---
D2	0,75	0	0,75	B 8.346 a	A 11.200 a	A 4 e	A 5 cd	A 97 b	A 98 b
D3	0	1,0	1,0	B 7.046 ab	A 10.646 a	A 22 d	B 14 bc	A 97 b	A 98 b
D4	1,0	0	1,0	B 8.131 ab	A 11.452 a	A 6 e	A 4 d	A 97 b	A 98 b
D5	0,5	0,5	1,0	B 7.511 ab	A 11.190 a	A 11 e	A 6 cd	B 97 b	A 99 a
D6	0,75	0,5	1,25	B 7.495 ab	A 11.143 a	A 26 cd	B 8 cd	A 100 a	A 100 a
D7	0,75	0,75	1,5	B 6.725 b	A 10.792 a	A 40 b	B 12 bcd	A 100 a	A 100 a
D8	1,0	0,5	1,5	B 6.766 b	A 11.409 a	A 33 bc	B 8 cd	A 100 a	A 100 a
D9	1,0	1,0	2,0	B 7.016 ab	A 10.809 a	A 54 a	B 19 ab	A 100 a	A 100 a
D10	0	2,0	2,0	B 6.806 ab	A 10.491 a	A 57 a	B 28 a	A 100 a	A 100 a
	Média			7.056	10.411	25	10	99	99
	C.V. (%)			7,6		3,3		0,2	

^{1/} Mistura formulada de imazethapyr (75 g L⁻¹) + imazapic (25 g L⁻¹); ^{2/} Aplicação em pré-emergência; ^{3/} Aplicação em pós-emergência com o arroz-vermelho no estágio V₅, segundo escala de COUNCE et al. (2000); ^{4/} Para a análise, os dados foram transformados para $yt \cdot \arccos(\sqrt{(y \cdot 0,5)/100})$; ^{5/} Controle de AV e a fitotoxicidade no arroz foram avaliados visualmente em percentagem, onde 0 corresponde a ausência de controle ou fitotoxicidade e 100 para controle total ou morte de plantas de arroz; ^{6/} Para cada parâmetro analisado, médias seguidas de diferentes letras minúsculas na coluna, e de letras maiúsculas na linha diferem pelo teste de Tukey (P=0,05).

Na cultivar, a aplicação em POS nas maiores doses (D9 e D10) não afetou a produtividade do arroz, ainda que a fitotoxicidade inicial tenha sido superior a 50%, evidenciando que houve recuperação das plantas. Relatos da literatura demonstram resultados semelhantes, utilizando herbicidas do mesmo grupo (OTTIS et al., 2003 e AGOSTINETTO et al., 2005). Deve-se levar em conta que aumentando a dose acima do recomendado, pode-se ter problemas de persistência destes herbicidas no solo, o que pode causar danos a culturas sucessoras não tolerantes (WILLIAMS et al., 2002).

O híbrido foi mais tolerante que a cultivar quando aplicou-se $1,0 \text{ L ha}^{-1}$ em POS (D3) e naqueles tratamentos com dose total superior a $1,0 \text{ L ha}^{-1}$ (D6, D7, D8, D9 e D10). O híbrido é mais tolerante, pois é resultado da introgressão por retrocruzamento do gene mutante de segunda geração para tolerância a herbicidas do grupo das imidazolinonas (RENATO LUZZARDI¹, comunicação pessoal). Para os tratamentos com dose total de $1,0 \text{ L ha}^{-1}$ o aumento da dose em POS ocasionou maior fitotoxicidade (Figura 1), não se refletindo na produtividade. Porém, em condições adversas para o desenvolvimento da cultura, essa fitotoxicidade poderá afetar a produtividade de grãos.

Para a cultivar (Tabela 5), os tratamentos com as doses de $0,75 \text{ L ha}^{-1}$ em PRE (D2), $1,0 \text{ L ha}^{-1}$ em PRE (D4) e a dose de $1,0 \text{ L ha}^{-1}$ fracionada (D5), proporcionaram menor fitotoxicidade que o tratamento referência com a dose de $1,0 \text{ L ha}^{-1}$ em POS (D3). Verificou-se também que o tratamento D3 apresentou fitotoxicidade semelhante aos tratamentos com dose total de $1,25$ a $1,5 \text{ L ha}^{-1}$ (D6, D7 e D8). Para o híbrido, os tratamentos que proporcionaram menor fitotoxicidade foram D2, D4, D5, D6 e D8 e o tratamento referência (D3) apresentou fitotoxicidade semelhante a D7 e D9.

O controle de 100% do arroz-vermelho foi obtido com os tratamentos com dose total aplicada a partir de $1,25 \text{ L ha}^{-1}$ (D6, D7, D8, D9 e D10) onde ocorreu a maior fitotoxicidade para ambos os genótipos. Deve-se ressaltar duas práticas de manejo que contribuíram para o controle do arroz-vermelho, a aplicação precoce dos herbicidas e a irrigação imediatamente após a aplicação do herbicida em POS, estando de acordo com relatos de WILLIAMS et al. (2002), pois, a irrigação proporciona maior disponibilidade e absorção do herbicida pelas plantas. Além

¹ Eng. Agrônomo, M. Sc. – Gerente de Pesquisa da RiceTec Sementes LTDA– Av. São Paulo, 877, Bairro São Geraldo, Porto Alegre, RS. CEP 90230-161.

disso, a água atua como barreira para a emergência das plantas de arroz-vermelho, auxiliando no controle. Também, a área do experimento sendo sistematizada auxilia na manutenção da lâmina da água uniforme e constante, e não havendo taipas, diminui-se o problema de reinfestação. Com isso, devemos ter cuidado, pois, em lavouras sem essas características o controle de 100% do arroz-vermelho torna-se mais difícil.

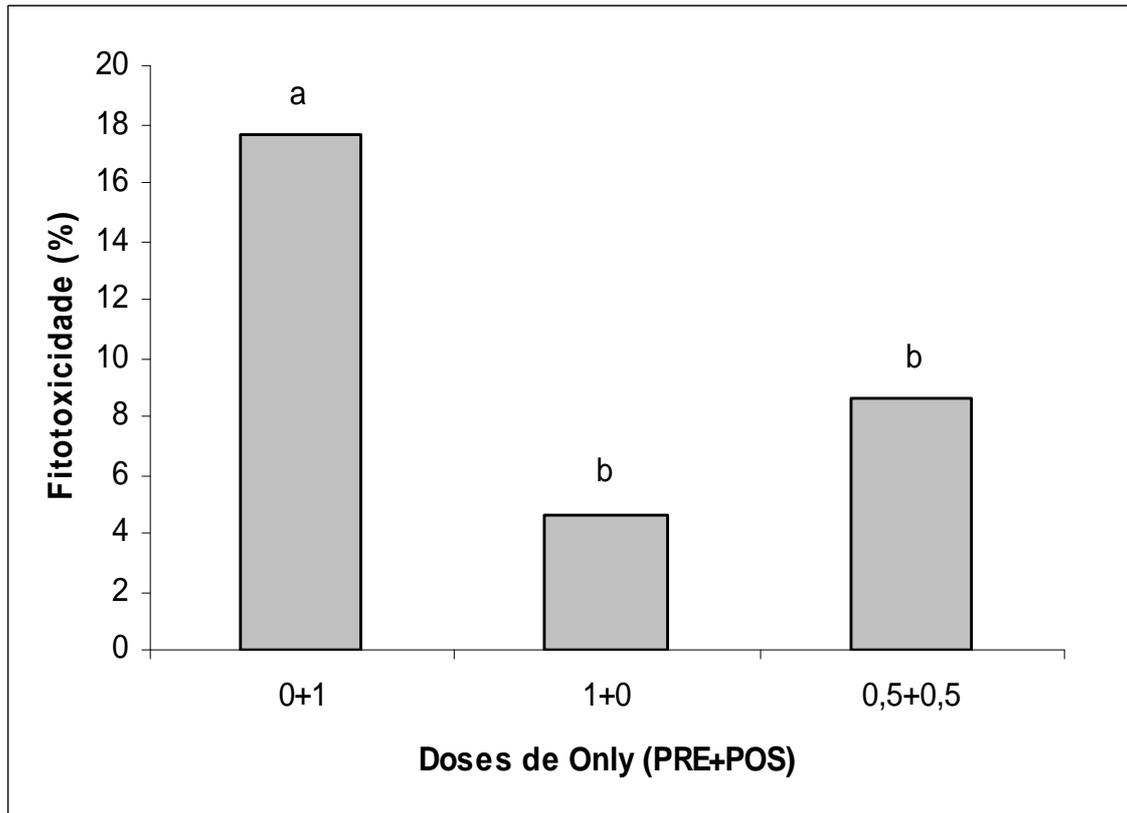


Figura 1. Fitotoxicidade do herbicida Only em genótipos de arroz tolerante, medida aos 16 dias após a aplicação dos tratamentos em POS, em resposta a época de aplicação do herbicida. Santa Maria, RS, 2005.

Para as variáveis colmos por planta, estatura de plantas, panículas por metro quadrado, grãos por panícula, massa de mil grãos e esterilidade de espiguetas, não houve interação entre genótipos e tratamentos do herbicida (Tabela 6).

O número de colmos por planta do arroz (24 e 36 DAE) foi menor quando aplicou-se $1,0 \text{ L ha}^{-1}$ em POS ou com doses maiores que $1,0 \text{ L ha}^{-1}$, porém não foi afetado na avaliação aos 48 DAE. Isto indica que a fitotoxicidade do herbicida retardou a emissão de perfilhos, no entanto as plantas compensaram através da emissão de colmos após o efeito fitotóxico. Independente da época de avaliação, o híbrido apresentou maior número de colmos por planta.

Tabela 6. Número de colmos por planta, estatura de plantas (Estatura), número de panículas por metro quadrado (PMQ), número de grãos por panícula (GP), massa de mil grãos (MMG), esterilidade de espiguetas (EE) de genótipos de arroz tolerante em resposta a doses e épocas de aplicação do herbicida Only^{1/}. Santa Maria-RS, 2006

Código do tratamento	Doses de Only ^{1/}			Colmos por planta			Estatura	PMQ	GP	MMG	EE ^{5/}
	PRE ^{2/}	POS ^{3/}	Total	24 DAE ^{4/}	36 DAE ^{4/}	48 DAE ^{4/}					
	----- L ha ⁻¹ -----			----- n ^o -----			cm	n ^o	n ^o	g	%
D1	0	0	0	2,7 ab ^{6/}	3,7 ab	3,5 ^{ns}	74 ^{ns}	321 b	73 b	25 ^{ns}	21 ^{ns}
D2	0,75	0	0,75	2,9 a	4,1 ab	4,2	78	491 a	84 ab	27	17
D3	0	1,0	1,0	2,1 bc	3,3 b	3,7	78	538 a	80 ab	26	17
D4	1,0	0	1,0	2,9 a	5,0 a	4,6	80	536 a	99 a	26	15
D5	0,5	0,5	1,0	2,9 a	4,8 ab	4,8	77	513 a	91 ab	26	15
D6	0,75	0,5	1,25	2,7 ab	4,8 ab	4,7	79	528 a	84 ab	26	18
D7	0,75	0,75	1,5	2,0 bc	3,7 ab	4,6	79	471 a	81 ab	27	18
D8	1,0	0,5	1,5	2,8 ab	4,7 ab	4,8	78	510 a	94 a	27	14
D9	1,0	1,0	2,0	1,8 c	3,6 ab	4,0	78	414 ab	87 ab	27	15
D10	0	2,0	2,0	1,4 c	3,2 b	3,9	79	478 a	85 ab	27	17
Genótipos											
IRGA 422 CL				2,0 b	3,7 b	3,9 b	70 b	489 ^{ns}	64 b	29 a	20 a
Tuno CL				2,9 a	4,5 a	4,7 a	86 a	470	108 a	24 b	14 b
Média geral				2,4	4,1	4,3	78	480	86	26	17
C.V. (%)				19,3	24,0	25,0	4,5	15,8	14,0	3,5	14,1

^{1/} Mistura formulada de imazethapyr (75 g L⁻¹) + imazapic (25 g L⁻¹); ^{2/} Aplicação em pré-emergência; ^{3/} Aplicação em pós-emergência com o arroz-vermelho no estágio V₅, segundo escala de COUNCE et al. (2000); ^{4/} Dias após a emergência do arroz; ^{5/} Para a análise, os dados foram transformados para $y_t \sqrt{y+1}$; ^{6/} Na coluna, médias não seguidas da mesma letra para cada parâmetro analisado, (dentro de cada fator), diferem pelo teste de Tukey (P=0,05).

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

A estatura de plantas, avaliada no momento da colheita, não foi afetada pela aplicação do herbicida, diferindo apenas entre genótipos. Na presença de arroz-vermelho, AGOSTINETTO et al. (2005) verificaram que a estatura de planta reduziu apenas quando o herbicida foi aplicado aos 45 dias após a emergência.

Os diferentes tratamentos com o herbicida não afetaram o número de panículas por metro quadrado e de grãos por panícula. Por outro lado, a testemunha sem a aplicação do herbicida (D1) afetou negativamente estes parâmetros devido a alta infestação de arroz-vermelho (219 plantas m⁻²), planta daninha que, em competição com o arroz cultivado, reduziu a produtividade de grãos, pelo fato de afetar justamente os componentes do rendimento (BALBINOT Jr. et al., 2003a).

A massa de mil grãos e esterilidade de espiguetas não foram afetadas pelo herbicida. O maior número de grãos por panícula e a menor esterilidade observada no híbrido, proporcionou maior produtividade de grãos em relação a cultivar. BALBINOT Jr. et al. (2003a), trabalhando com competição de genótipos com o arroz-vermelho, também observaram que a cultivar híbrida obteve um maior número de grãos por panícula, tanto na presença quanto na ausência arroz-vermelho. É importante destacar a alta capacidade de perfilhamento do híbrido, que embora semeado em densidade inferior a cultivar, apresentou valor equivalente para o número de panículas por metro quadrado na colheita.

A utilização de genótipos de arroz tolerante com o herbicida Only[?] não pode ser considerado uma solução definitiva para eliminar as infestações de arroz-vermelho, constituindo-se em alternativa a ser complementada com outras técnicas de manejo. Fatores edafoclimáticos e de manejo da lavoura são decisivos na resposta dos herbicidas. Nesse sentido o melhor entendimento do efeito destes fatores no desenvolvimento da planta de arroz tolerantes e no controle do arroz-vermelho nesse sistema é fundamental para o sucesso dessa tecnologia. Práticas de manejo, como por exemplo, a época de semeadura, o manejo do nitrogênio e da irrigação, entre outras devem ser melhor entendidas.

Conclusão

O Tuno CL é mais tolerante ao herbicida Only², quando comparado à cultivar IRGA 422 CL, tolerando dose total de até 2,0 L ha⁻¹, sem afetar a produtividade.

O controle de arroz-vermelho é total com aplicação fracionada do herbicida (PRE + POS), desde que o total aplicado não seja inferior a 1,25 L ha⁻¹. Esta condição é atendida pelo tratamento com 0,75 L ha⁻¹ em PRE mais 0,5 L ha⁻¹ em POS (D6), o qual propicia a menor dose total dentre aqueles com 100% de controle, não afetando a produtividade e apresentando fitotoxicidade semelhante ao tratamento com 1,0 L ha⁻¹ em POS (D3), utilizado como referência.

Referências bibliográficas

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. 567p. p.143-145. v.1.

BALBINOT JR., A.A. et al. Competitividade de genótipos de arroz irrigado com cultivar simuladora de arroz-vermelho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 1, p. 53-59, 2003a.

COUNCE, P.A. et al. A uniform, objective, and adaptive system for expressing rice development. **Crop Science**, 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.

GEALY, D.R. et al. Gene flow between red rice (*Oryza sativa*) and herbicide-resistant rice (*O. sativa*): implications for weed management. **Weed Technology**, v. 17, n. 3,

p. 627-645, 2003.

OTTIS, B.V. et al. Imazethapyr application methods and sequences for imidazolinone-tolerant rice (*Oryza sativa*). **Weed Technology**, v. 17, n. 3, p. 526-533, 2003.

PELLERIN, K.J.; WEBSTER, E.P. Imazethapyr at different rates and timings in drill- and water-seeded imidazolinone-tolerant rice. **Weed Technology**, v. 18, n. 2, p. 223-227, 2004.

STEELE, G.L. et al. Control of red rice (*Oryza sativa*) in imidazolinone-tolerant rice (*O. sativa*). **Weed Technology**, v. 16, n. 3, p. 627-630, 2002.

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 Agriculture**, v. 45, n. 1, p. 16-17, 2002.

LITERATURA CITADA GERAL

AGOSTINETTO, D. et al. Arroz-vermelho: ecofisiologia e estratégias de controle. **Ciência Rural**, v. 31, n. 2, p. 341-349, 2001.

_____ 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. 567p. p.143-145. v. 1.

AVILA, L.A. Effect of Flood Timing on Red Rice (*Oryza* spp.) Control with Imazethapyr Applied at Different Dry-Seeded Rice Growth Stages. **Weed Technology**, v. 19, n. 2, p. 476-480, 2005.

AZAMBUJA, I. H. V., VERNETTI Jr. F. J. de, MAGALHÃES Jr. A. M. Aspectos socioeconômicos da produção do arroz. In: GOMES, A. da S.; JÚNIOR, A. M. de M. eds. **Arroz irrigado no sul do Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004, 899 p.

BALBINOT JR., A.A. et al. Competitividade de genótipos de arroz irrigado com cultivar simuladora de arroz-vermelho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 1, p. 53-59, 2003a.

_____ Características de plantas de arroz e a habilidade competitiva com plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 21, n. 2, p.165-174, 2003b.

BALL, D.A. et al. Effect of imazamox soil persistence on dryland rotationl crops. **Weed Technology**, vol. 17, n. 1, p. 161-165, 2003.

BAUGHMAN, T.A.; SHAW, D.R. Effect of wetting/drying cycles on dissipation patterns of bioavailable imazaquin. **Weed Science**, v. 44, n. 2, p. 380-382, 1996.

CHANG, T.T.; LUH, B.S. Overview and prospects of rice production. In: LUH, B. S. (Ed.) **Rice Production**, 2nd ed. New York: Van Nostrand Reinhold, 1991. p. 1-11.

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 Antonio de Goiás: EMBRAPA arroz e feijão, 1999. p. 375-415.

COUNCE, P.A. et al. A uniform, objective, and adaptive system for expressing rice development. **Crop Science**, 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 Science**, Champaign, v. 33, n. 3, p. 310-314, 1985.

DILLON, T.L.; BALDWIN, F.L.; WEBSTER, E.P. Weed control in imi-tolerant rice. In: SOUTHERN WEED SCIENCE SOCIETY ANNUAL MEETING, 51., 1998. **Proceedings...** SWSS, 1998, p. 268.

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.

FISCHER, A.J.; RAMIREZ, A. Red rice (*Oryza sativa*): competition studies for management decisions. **International Journal of Pest Management**, v. 39, n. 2, p. 133-138, 1993.

GEALY, D.R. et al. Gene flow between red rice (*Oryza sativa*) and herbicide-resistant rice (*O. sativa*): implications for weed management. **Weed Technology**, v. 17, n. 3, p. 627-645, 2003.

GERSTL, Z. An update on the K_{oc} concept in regard to regional scale management. **Crop Protection**, v. 19, n. 8, p. 643-648, 2000.

GOETZ, A.J.; LAVY, T.L.; GEBUR Jr., E.E. Degradation and field persistence of imazethapyr. **Weed Science**, 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.

JOHNSON, D.H. et al. 1992. Rice response following imazaquin, imazethapyr, chlorimurion, and clomazone use. **Southern Weed Science Society**, v. 45, p. 371, 1992.

LANGEVIN, S. A.; CLAY, K.; GRACE, J. B. The incidence and effects of hybridization between cultivated rice and its related weed red rice (*Oryza sativa* L.). **Evolution**, v. 44, n. 4, p. 1000-1008, 1990.

LEITÃO FILHO, H.F. et al. Estudo de competição entre o arroz-vermelho e o arroz cultivado. **Bragantia**, v. 31, n. 20, p. 249-258, 1972.

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.

LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil: Terrestres, aquáticas, parasitas, tóxicas e medicinais**. 2. ed. Nova Odessa: Plantarum, 1991.

LOUX, M.M.; REESE, K.D. Effect of soil pH on adsorption and persistence of imazaquin. **Weed Science**, v. 40, n. 3, p. 490-496, 1992.

_____ Effect of soil type and pH on persistence and carryover of imidazolinone herbicides. **Weed Technology**, v. 7, n. 2, p. 452-458, 1993.

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. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 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. **Ciência Rural**, v. 24, n. 2, p. 415-421, 1994.

MARSH, B.H.; LLOYD, R.W. Soil pH effect on imazaquin persistence in soil. **Weed Technology**, v. 10, n. 2, p. 337-340, 1996.

MENEZES, V.G. et al. Interferência do arroz-vermelho no rendimento de engenho de cultivares de arroz irrigado. **Ciência Rural**, v. 27, n. 1, p. 27-30, 1997.

MESSEGUER, J.; et al. Field assessments of gene flow from transgenic to cultivated rice (*Oryza sativa* L.) using a herbicide resistance gene as tracer marker. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 103, n. 8, p. 1151-1159, 2001.

MILLS, J.A.; WITT, W.W. Efficacy, phytotoxicity, and persistence of imazaquin, imazethapyr, and clomazone in no-till double-crop soybeans (*Glycine max*). **Weed Science**, v. 37, n. 2, p. 353-359, 1989.

MONKS, C.D.; BANKS, P.A. Rotational crop response to chlorimuron, clomazone, and imazaquin applied the previous year. **Weed Science**, v. 39, n. 4, p. 629-633, 1991.

NOLDIN, J. A.; et al. Potencial de cruzamento natural entre o arroz transgênico resistente ao herbicida glufosinate de amônio e o arroz-daninho. **Planta Daninha**, v. 20, n. 2, p. 243-251, 2002.

NOLDIN, J.A.; et al. Desempenho de populações híbridas F2 de arroz-vermelho (*Oryza sativa*) com arroz transgênico (*O. sativa*) resistente ao herbicida amonio-glufosinate. **Planta Daninha**, v. 22, n. 3, p. 381-395, 2004

OLIVEIRA, M.A.B.; BARROS, I.A.I. Influência da quantidade de arroz-vermelho no percentual de grãos inteiros. **Lavoura Arrozeira**, n. 39, n. 368, p 26-27, 1986.

OLIVEIRA Jr, R.S. et al. Spatial variability of imazethapyr sorption in soil. **Weed Science**, 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 Technology**, v. 17, n. 3, p. 526-533, 2003.

PELLERIN, K.J.; WEBSTER, E.P. Imazethapyr at different rates and timings in drill- and water-seeded imidazolinone-tolerant rice. **Weed Technology**, v. 18, n. 2, p. 223-227, 2004.

RENNER, K.A. et al. Effect of tillage an application method on corn (*Zea mays*) response to imidazolinone residues in soil. **Weed Technology**, v. 12, n. 2, p. 281-285, 1998.

_____ Response of corn (*Zea mays*) cultivars to imazaquin. **Weed Science**. v. 36, p. 625-628, 1988.

SANDERS, D. E. et al. Outcrossing potential of Liberty Link rice to red rice. In: RICE TECHNICAL WORKING GROUP, 27., 1998. **Proceedings...** Texas: College Station/Texas Agricultural Experiment Station, 1998. p. 214-215.

SCIUMBATO, A.S. et al. Plant available imazethapyr in soil solution and red rice (ORYSA) efficacy as influenced by herbicide rate and soil moisture. In: SOUTHERN WEED SCIENCE SOCIETY ANNUAL MEETING, 56., 2003, Huston. **Proceedings...** Houston: SWSS, 2003, p. 351.

SILVA, A.A. et al. Efeito residual no solo dos herbicidas imazamox e imazethapyr para as culturas de milho e sorgo. **Planta Daninha**, v. 17, n. 3, p. 345-354, 1999a.

SILVA, A.A. et al. Persistência de herbicidas do grupo químico das imidazolinonas e efeitos sobre as culturas sucessoras de milho e sorgo. **Acta Scientiarum**, v. 21, n. 3, p. 459-465, 1999b.

SILVA, M.P. **Identificação de sementes de arroz mutante tolerante ao princípio herbicida imazethapyr**. 2003. 30f. 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 Technology**, 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 Science**, Champaign, v. 36, n. 1, p. 67-73, 1990.

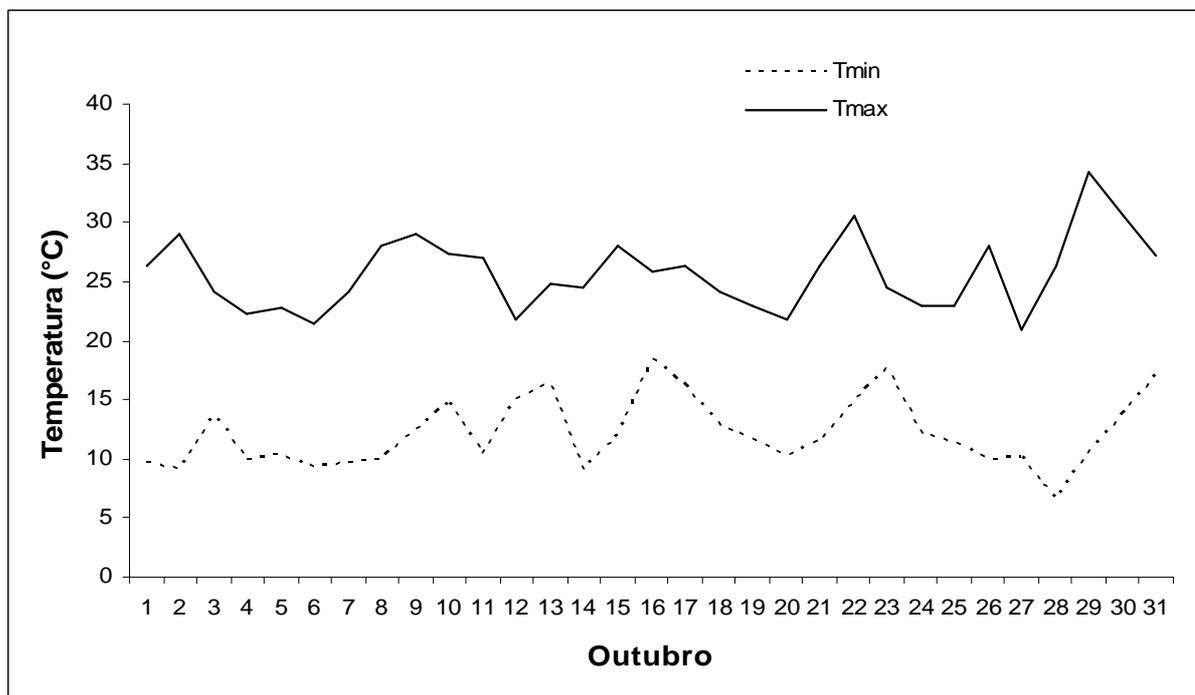
VIDAL, R.A. **Herbicidas: mecanismos de ação e resistência de plantas**. Porto Alegre: R.A. Vidal, 1997. 165p.

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.

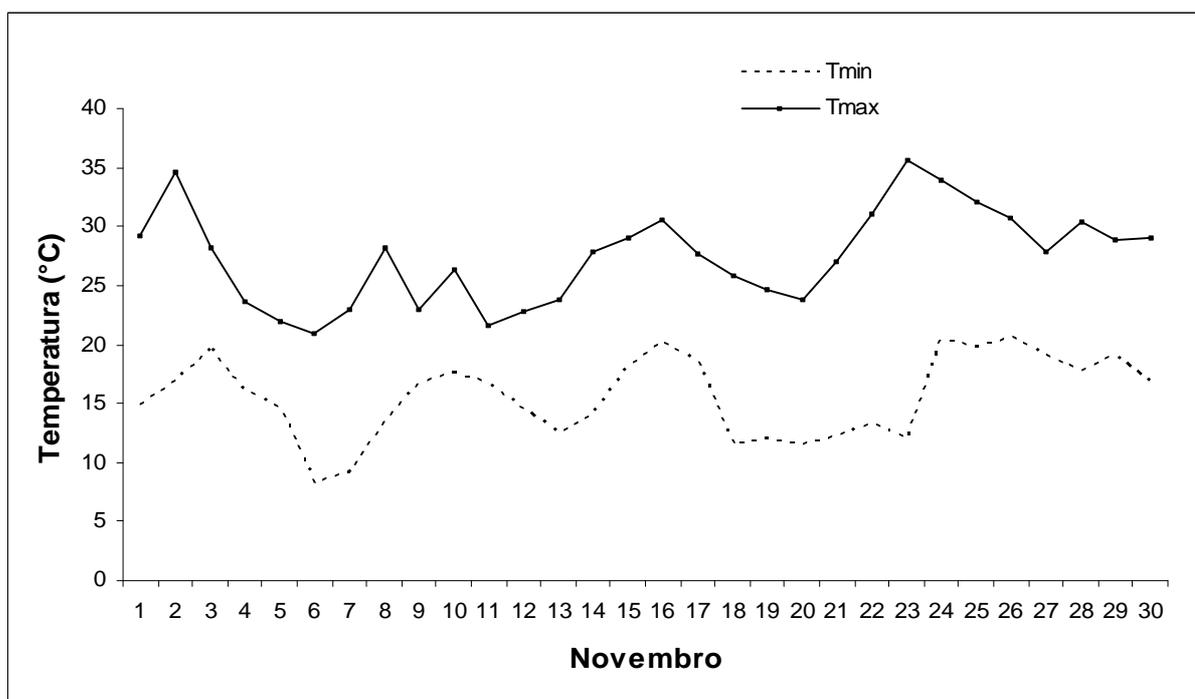
WHITE, R.H; HACKWORTH, H.M. Weed control with imidazolinone tolerant rice. In: SOUTHERN WEED SCIENCE SOCIETY ANNUAL MEETING, 52., 1999. **Proceedings...** SWSS, 1999, p. 185.

WILLIAMS, B.J. et al. Weed management systems for Clearfield Rice. **Louisiana Agriculture**, v. 45, n. 1, p. 16-17, 2002.

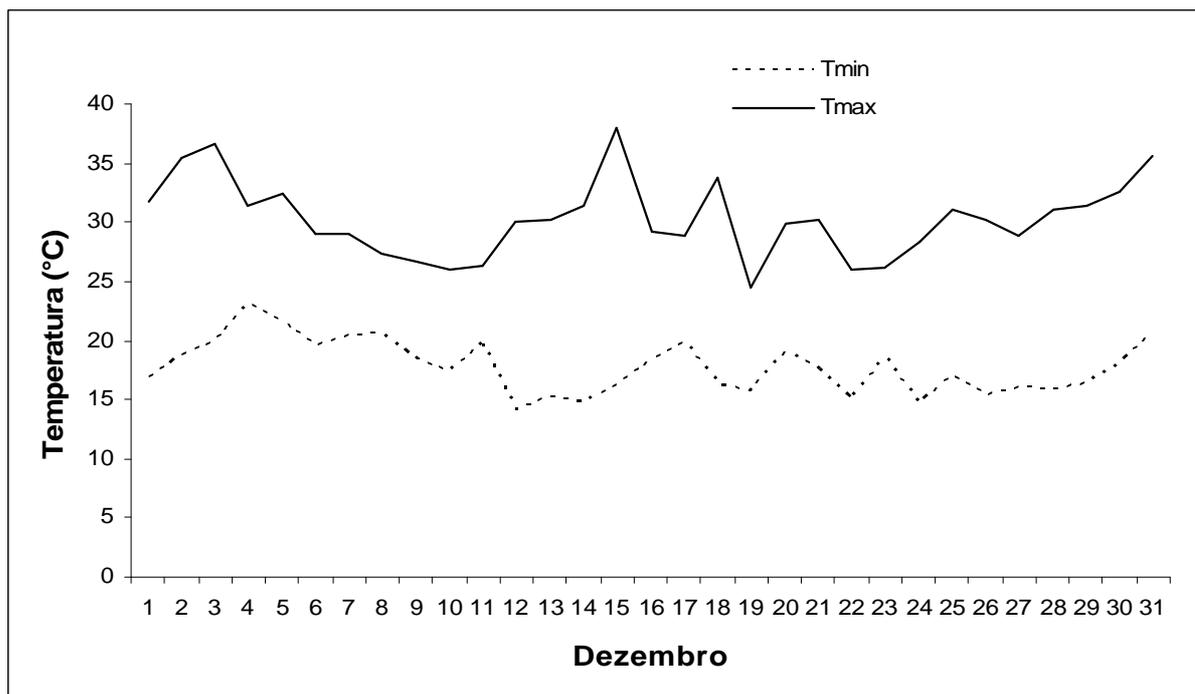
ANEXOS



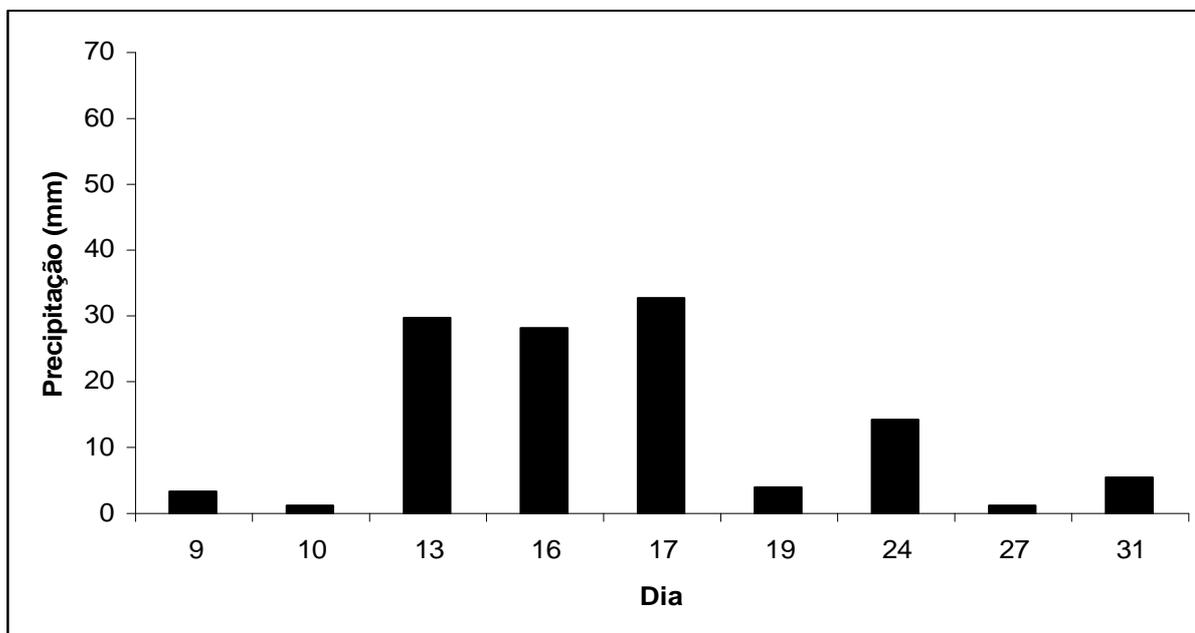
Anexo I – Temperaturas mínimas e máximas ocorridas durante o mês de outubro de 2004. Santa Maria, RS. 2006.



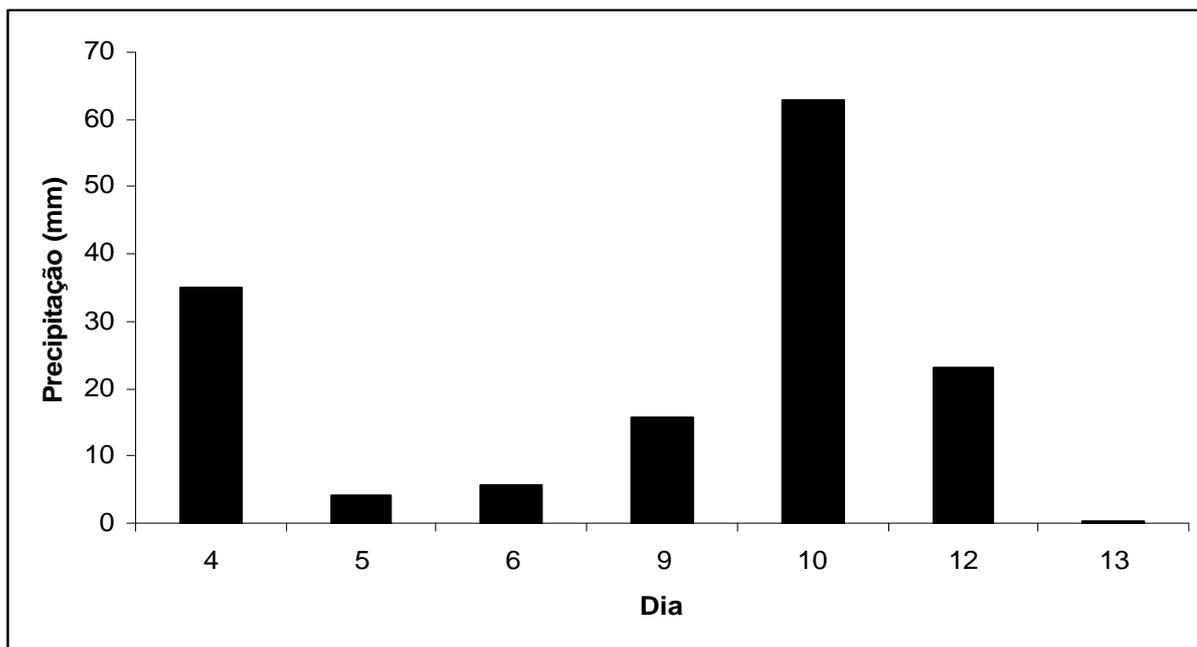
Anexo II – Temperaturas mínimas e máximas ocorridas durante o mês de novembro de 2004. Santa Maria, RS. 2006.



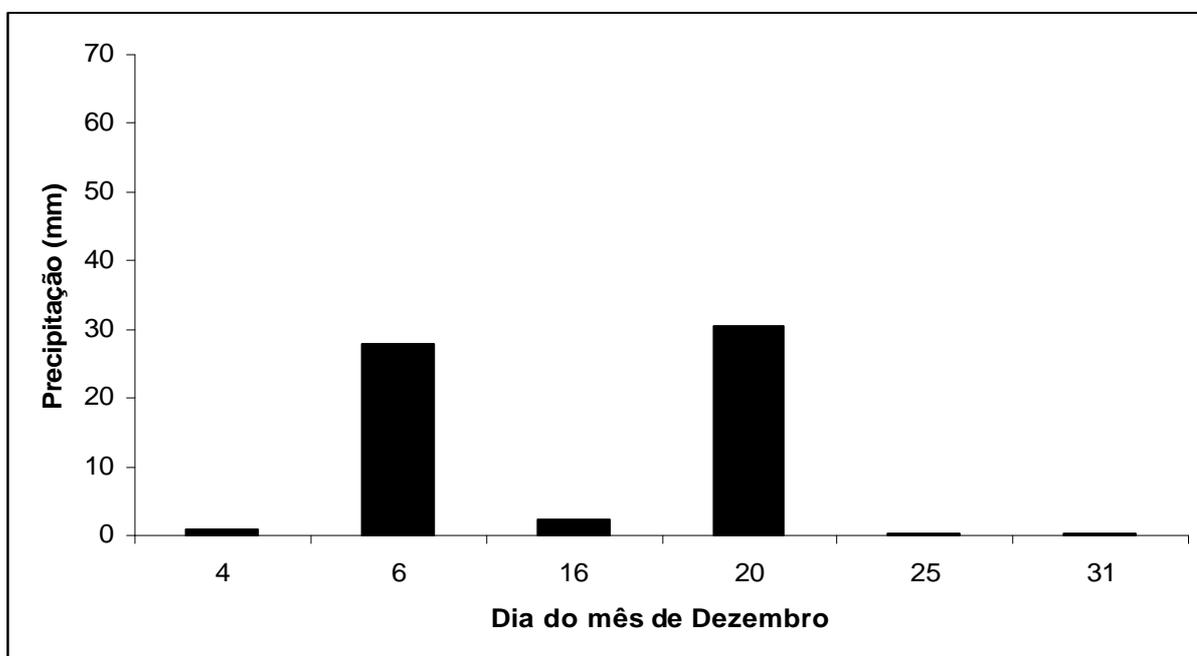
Anexo III – Temperaturas mínimas e máximas ocorridas durante o mês de dezembro de 2004. Santa Maria, RS. 2006.



Anexo IV – Precipitação pluvial diária ocorrida no mês de outubro de 2004. Santa Maria, RS. 2006.



Anexo V – Precipitação pluvial diária ocorrida no mês de novembro de 2004. Santa Maria, RS. 2006.



Anexo VI – Precipitação pluvial diária ocorrida no mês de novembro de 2004. Santa Maria, RS. 2006.



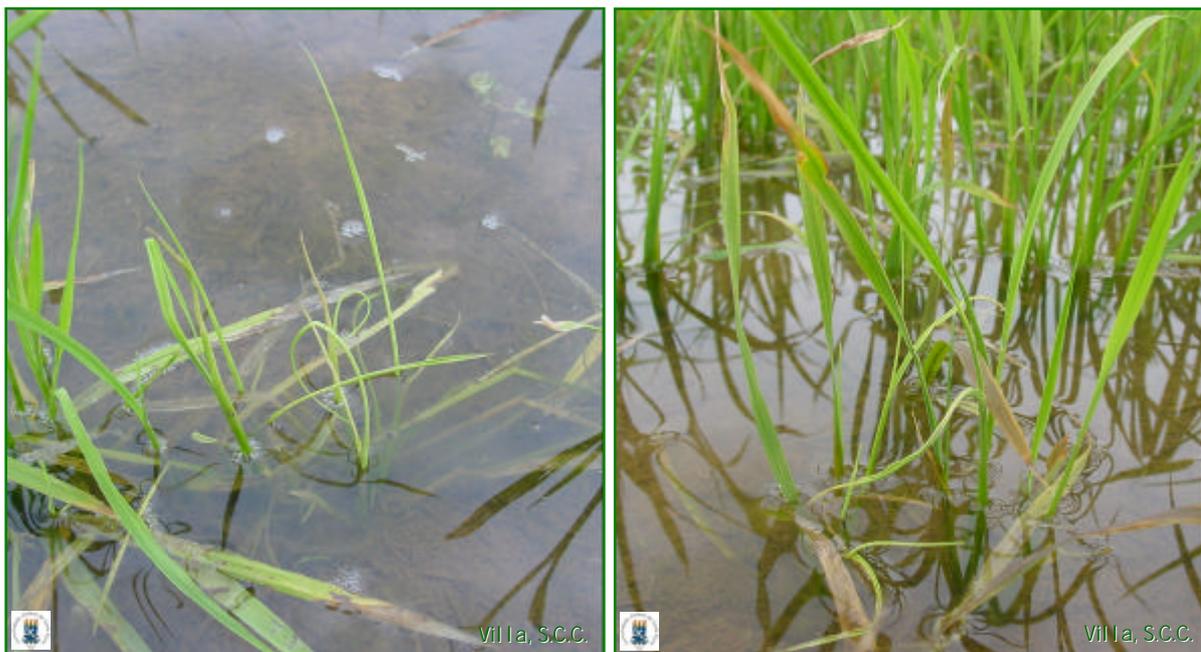
Anexo VII – Efeito da aplicação de doses do herbicida Only® em PRE no arroz-vermelho aos 2 DAE. Santa Maria, RS. 2006.



Anexo VIII – Efeito da aplicação de doses do herbicida Only® em PRE na cultivar IRGA 422 CL aos 2 DAE. Santa Maria, RS. 2006.



Anexo IX – Efeito da aplicação de doses do herbicida Only® em PRE no híbrido Tuno CL aos 2 DAE. Santa Maria, RS. 2006.



Anexo X – Sintomas de fitotoxicidade do herbicida Only[®] na cultivar IRGA 422 CL. Santa Maria, RS. 2006.



Anexo XI – Plantas submetidas ao teste de germinação utilizando a metodologia descrita por SILVA (2003) para determinar a taxa de cruzamento entre o arroz-vermelho e a cultivar IRGA 422 CL, considerando-se oriundas do cruzamento apenas as plantas que germinaram normalmente (a). Santa Maria, RS. 2006.