



Sumário

Dinâmica do banco de sementes de arroz-vermelho afetado pelo pisoteio bovino e tempo de pousio da área

Controle de arroz-vermelho em dois genótipos de arroz (*oryza sativa*) tolerantes a herbicidas do grupo das imidazolinonas

Arroz tolerante a imidazolinonas: controle do arroz-vermelho, fluxo gênico e efeito residual do herbicida em culturas sucessoras não-tolerantes

Controle químico de arroz-vermelho na cultura do arroz irrigado

Diâmetro do trado e número de amostras para quantificação do banco de sementes de arroz-vermelho do solo

Influência de manejos pós-colheita do arroz irrigado sobre o banco de sementes de arroz-vermelho

DINÂMICA DO BANCO DE SEMENTES DE ARROZ-VERMELHO AFETADO PELO PISOTEIO BOVINO E TEMPO DE POUSIO DA ÁREA¹

Red Rice Seed Bank Dynamics Affected by Cattle Trampling and Fallow Duration

MARCHEZAN, E.², OLIVEIRA, A.P.B.B.³, AVILA, L.A.⁴ e BUNDT, A.L.P.⁵

RESUMO - Para avaliar a influência do pisoteio bovino e do tempo de pousio na dinâmica do banco de sementes de arroz-vermelho foi conduzido um experimento em lavoura comercial de arroz irrigado, que adota o sistema de cultivo mínimo, seguido de dois anos de pousio, manejada, nesse período, pelo pastejo de bovinos. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com três repetições no esquema bifatorial. O fator A constou dos manejos pós-colheita da cultura de arroz: [M1] - pousio com pisoteio animal e [M2] - pousio sem pisoteio animal. O fator B constou dos anos de amostragem: [A1] – 1999, [A2] – 2000 e [A3] – 2001. O banco de sementes de arroz-vermelho foi estimado através de 12 amostras de solo por parcela, em abril de 1999, abril de 2000 e abril de 2001, com trado cilíndrico de 10 cm de diâmetro. As profundidades de coleta das amostras de solo foram de 0-1 cm, 1-5 cm, 5-10 cm e 10-15 cm. Após a coleta, os grãos de arroz-vermelho foram separados do solo, contados e submetidos ao teste de tetrazólio, para estimativa da viabilidade. O pisoteio bovino não afetou a distribuição das sementes no perfil do solo, bem como a dinâmica do banco de sementes. Houve efeito do tempo de pousio sobre o banco de sementes de arroz-vermelho; a equação que melhor explica a correlação entre número de sementes viáveis e tempo de pousio, em meses, foi a equação exponencial $y = 1382,15 \exp(-0,1988*x)$ $p < 0,05$, demonstrando o decréscimo de 1.448 para 151 (90% de redução) em 12 meses e para 38 (98% de redução) sementes viáveis por m^2 em 24 meses de pousio. Com relação às profundidades de enterro das sementes de arroz-vermelho, foi observado que, para o ano de 2000, a redução do banco de sementes foi maior na superfície do solo, enquanto para o ano de 2001 não houve diferença significativa entre as profundidades. As sementes que estavam na superfície do solo perderam a viabilidade rapidamente, em torno de 99% em um ano de pousio, tanto na presença como na ausência de pisoteio. Conclui-se que o pisoteio animal não interfere na dinâmica do banco de sementes de arroz-vermelho da área em pousio. O pousio do solo, com ou sem pisoteio animal, reduz o banco de sementes de arroz-vermelho.

Palavras-chave: integração lavoura/pecuária, manejo de plantas daninhas, *Oryza sativa*.

ABSTRACT - An experiment was conducted in a commercial lowland rice-producing area, adopting the minimum tillage system of rice production, followed by two years of fallow, managed, during this time, by cattle production, in order to evaluate the influence on red rice seed bank dynamics. The experimental design was randomized complete blocks, with three replications, in a bifactorial design. Factor A consisted of rice post-harvest management of the area: [T1] - fallow with cattle trampling and [T2] - fallow without cattle trampling. Factor B was the sampling time: [A1] – 1999, [A2] 2000 and [A3] - 2001. The red rice seed bank estimation was made using 12 soil samples by plot, in April 1999, April 2000 and April 2001, using a 10 cm diameter cylinder soil sampler. The sampling depths were 0-1 cm, 1-5 cm, 5-10 cm and 10-15 cm. After being extracted from the soil, the grains of red rice were counted and submitted to a tetrazolium test to estimate seed viability. Cattle trampling did not affect seed distribution in the soil profile and the dynamics of the red rice seed bank. Fallow duration affected the seed bank of red rice; the regression

¹ Recebido para publicação em 22.2.2002 e na forma revisada em 2.4.2003.

² Eng.-Agr., Dr., Prof. Titular, Pesquisador CNPq, Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, Centro de Ciências Rurais, 97105-900 Santa Maria-RS, Fone: (055) 220-8451, <emarch@ccr.ufsm.br>; ³ Acadêmica do curso de Agronomia da UFSM, bolsista FAPERGS; ⁴ Eng.-Agr., M.S., Professor Assistente do Departamento de Fitotecnia da UFSM;

⁵ Eng.-Agr. formado pela UFSM em agosto de 2001.



*equation fit that best explains the correlation between number of viable seeds and fallow duration in months was the exponential equation: $y = 1382.15 \exp(-0.1988*x)$ p<0.05, showing a decrease in the number of seeds within 12 months, from 1,448 to 151 (90% reduction), and 38 (98% reduction) viable seeds per square meter in 24 months of fallow. Regarding the red rice seed burial depths, seed bank reduction was greater on the soil surface in 2000, with no difference between the depths in 2001. The seeds located on the soil surface lost their viability rapidly, with an average of 99% within one year fallow with or without cattle trampling. It can be concluded that cattle trampling does not affect red rice seed bank dynamics in fallow areas. Soil fallow, with or without cattle trampling, reduces in the red rice seed bank.*

Key words: integration crop/cattle production, weed management, *Oryza sativa*.

INTRODUÇÃO

A cadeia produtiva do arroz irrigado desempenha um papel importante na economia brasileira; no Rio Grande do Sul, responsável por cerca de 50% da produção nacional, ela envolve uma área aproximada de 950 mil ha cultivados e cerca de 10 mil produtores (EMBRAPA, 2001). Aliada à atividade orizícola encontra-se a produção animal, especialmente de bovinos, os quais são mantidos na resteva do arroz irrigado do período pós-colheita até o preparo do solo para a safra seguinte, ou durante o pousio da área, de um ou dois anos, em média. Uma das principais razões para deixar a área em pousio de cultivo de arroz é não elevar o banco de sementes de arroz-vermelho.

Várias técnicas de manejo vêm sendo avaliadas com o objetivo de combater esta planta daninha, porém poucas se destacam no seu controle eficaz, sendo recomendado o uso integrado de métodos de controle para evitar a proliferação da invasora (Marchezan, 1994), pois, dentre as características do arroz-vermelho, a mais relevante encontra-se na longevidade das sementes no solo, devido à dormência e viabilidade destas por vários anos, dependendo das condições ambientais e dos ecótipos de arroz-vermelho presentes na área (Goss & Brown, 1939; Noldin, 1995).

A importância da dormência como mecanismo de sobrevivência está na garantia da distribuição da germinação, manutenção do banco de sementes e propagação de espécies por longos períodos, mesmo sob condições desfavoráveis e mobilizações contínuas do solo. As sementes quiescentes armazenadas no solo podem apresentar perda de viabilidade, predação, germinação ou indução de dormência secundária (Carmona, 1992).

Vários fatores afetam a dormência das sementes de espécies vegetais presentes no banco de sementes do solo. Benech-Arnold et al. (2000) citam a flutuação de temperatura, presença ou ausência de luz, concentração de nitrato, gases como O₂ e CO₂ e práticas agrícolas.

A dinâmica do banco de sementes de muitas espécies pode ser afetada pelo manejo do solo, pelos sistemas de cultivo utilizados e pelas culturas implantadas; o estabelecimento das plantas daninhas sofre influência direta da superação da dormência do banco de sementes (Ghersa et al., 1997), além de o manejo do solo ser variável indireta sobre a emergência das plântulas (Forcella et al., 2000).

Observando dados de Noldin (1995) sobre a longevidade de sementes de arroz-vermelho no solo, verifica-se que as sementes depositadas na superfície deste perdem viabilidade rapidamente, indicando que após a colheita do arroz, em áreas infestadas com a invasora, os produtores devem evitar a adoção de práticas de manejo do solo que provoquem o enterro das sementes, pois estas aumentam a sua longevidade quando localizadas a maiores profundidades no solo. Nesse sentido, Helpert (1981) constatou que 12% das sementes de arroz-vermelho emergiram a 12 cm de profundidade, enquanto a 16 cm a emergência foi de apenas 1% das sementes. Gealy et al. (2000) observaram que todos os ecótipos testados emergiram de profundidades de até 7,5 cm, independentemente da textura do solo.

Dessa forma, a manutenção das sementes de arroz-vermelho na superfície do solo é uma prática de manejo para redução do banco de sementes, porém não se conhece o efeito do pisoteio animal sobre o posicionamento das

sementes no solo e, consequentemente, sobre a dinâmica do banco de sementes de arroz-vermelho.

Assim, este trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar a influência do pisoteio de bovinos e do tempo de pousio do solo na dinâmica do banco de sementes de arroz-vermelho em área de várzea de arroz irrigado.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no município de Santa Maria, Rio Grande do Sul, em área de várzea e em solo classificado como Planossolo Hidromórfico Eutrófico arênico, com infestação média de 1.448 grãos de arroz-vermelho por m², cujas principais características físicas e químicas são: argila = 18%, pH = 4,8, índice SMP = 5,6, P = 4,0, K = 30, %MO = 1,5, Al cmol_c L⁻¹ = 1,0, Ca = 1,5, Mg = 0,3. O ensaio foi instalado em área de lavoura comercial que adota o sistema de cultivo mínimo de arroz irrigado, seguido de dois anos de pousio com utilização de bovinos na área. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com três repetições, sendo o mesmo para os três anos de condução do ensaio, com os manejos [M1] – pousio com pisoteio animal e [M2] – pousio sem pisoteio animal e os anos de amostragem [A1] – 1999, [A2] – 2000 e [A3] – 2001. Quanto à coleta, esta foi realizada nas profundidades de 0-1 cm [P1], 1-5 cm [P2], 5-10 cm [P3] e 10-15 cm [P4]. As unidades experimentais mediram 4x4 m e para o manejo [M2] as parcelas foram cercadas para impedir o acesso dos animais.

Em abril de 1999, iniciaram-se as coletas de solo, objetivando estimar o número inicial de sementes de arroz-vermelho existentes na área, o qual gerou dados utilizados para posterior análise da dinâmica do banco de sementes no decorrer dos anos, sob a influência dos dois manejos. A coleta de solo para a estimativa do banco de sementes de arroz-vermelho foi realizada através de 12 amostras de solo por parcela, em abril de 1999, abril de 2000 e abril de 2001, com trado cilíndrico de 10 cm de diâmetro.

Após a coleta, os grãos de arroz-vermelho foram retirados do solo através de lavagem das amostras em água corrente, peneiradas em

peneira de 2 mm. Após secos, os grãos foram submetidos ao teste de tetrazólio, segundo a metodologia descrita por Rocha (1976). Com base nesta metodologia, avaliou-se o número de sementes viáveis de arroz-vermelho por m² em quatro profundidades e o banco de sementes total (soma de todas as profundidades), além das análises entre os anos. Além disso, em cada parcela foi feito o monitoramento do percentual de redução do banco de sementes, através da fórmula:

$$\text{Redução do banco de sementes (\%)} = 100 - ((Nsano * 100) / Nsant)$$

em que Nsano = número de sementes de arroz-vermelho encontrado no ano; e Nsant = número de sementes de arroz-vermelho encontrado no ano anterior.

No primeiro ano, foi calculada a redução ocorrida de 1999 para 2000. No segundo ano, o cálculo descrito acima foi feito de duas formas, tomando-se como base o banco de sementes do ano anterior (2000) e o primeiro ano (1999), para verificar o efeito de dois anos de pousio.

Para análise, o experimento foi considerado bifatorial em blocos ao acaso com parcelas subdivididas, com o fator pousio (com ou sem pisoteio bovino) e o fator ano (1999, 2000 e 2001); para análise estatística, os dados de número de sementes foram transformados para raiz quadrada e os de percentagem de viabilidade, para arco seno. Os dados foram submetidos à análise de variância e suas médias comparadas pelo teste de Tukey.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No início do experimento (1999), a área encontrava-se altamente infestada por arroz-vermelho, com média de 1.448 sementes viáveis por metro quadrado.

Com relação ao banco de sementes total – soma das sementes encontradas em todas as profundidades do solo (0-15 cm) –, constatou-se que não houve efeito do pisoteio animal, havendo apenas efeito do tempo de permanência das sementes no solo. Por meio da análise de regressão do número de sementes por metro



quadrado e do tempo de pousio da área em meses, notou-se que a equação que melhor explicou a correlação entre as duas variáveis foi a exponencial $y = 1382,15 \exp(-0,1988*x)$ $p<0,000$ (Figura 1). A redução do número de sementes por metro quadrado foi bastante drástica no primeiro ano, partindo-se de 1.448 para menos de 151 sementes por metro quadrado 12 meses depois e menos de 38 aos 24 meses. Esses dados foram semelhantes àqueles encontrados por Avila et al. (2000), que observaram redução de 538 sementes por metro quadrado para 110 (6 meses), chegando a 0 semente de arroz-vermelho (18 meses), com amostragem até 10 cm de profundidade.

Os valores em percentagem de redução são apresentados na Tabela 1, notando-se que a redução foi de 90% com apenas 12 meses de pousio e de 80% no segundo ano; embora com redução numericamente menor no segundo ano, não houve diferença entre os dois valores, com média de 85% de redução por ano.

A redução do banco de sementes em dois anos de cultivo foi de 98% (Tabela 1), demonstrando a eficiência desta prática de manejo, tão difundida entre os orizicultores, na redução da infestação de arroz-vermelho nas áreas

destinadas ao cultivo do arroz irrigado. Esses resultados foram semelhantes àqueles encontrados por Avila et al. (2000), que, avaliando a evolução do banco de sementes e controle do arroz-vermelho em diferentes sistemas de manejo do solo de várzea, constataram que o pousio do solo por um ano proporcionou 80% de redução do banco de sementes e por dois anos promoveu a redução próxima a 100% do banco de sementes de arroz-vermelho.

Tabela 1 – Redução, em percentagem, do banco de sementes total (soma de todas as profundidades). Santa Maria-RS. 2001

Condição	Efeito de um ano de pousio		Efeito de dois anos de pousio
	2000 comparado com 1999	2001 comparado com 2000	2001 comparado com o início de 1999
Com pisoteio	90 ^{ns}	82 ^{ns}	98 ^{ns}
Sem pisoteio	90	77	98
Média	90 ^{ns+}	80	98
CV%	5,0	35,7	7,5

Para análise, dados transformados para RAIZ ($X + 0,5$)

^{ns} Teste f não-significativo a 5% de probabilidade.

^{ns+} Este teste somente comparou o efeito de um ano de pousio (2000/99 e 2001/2000).

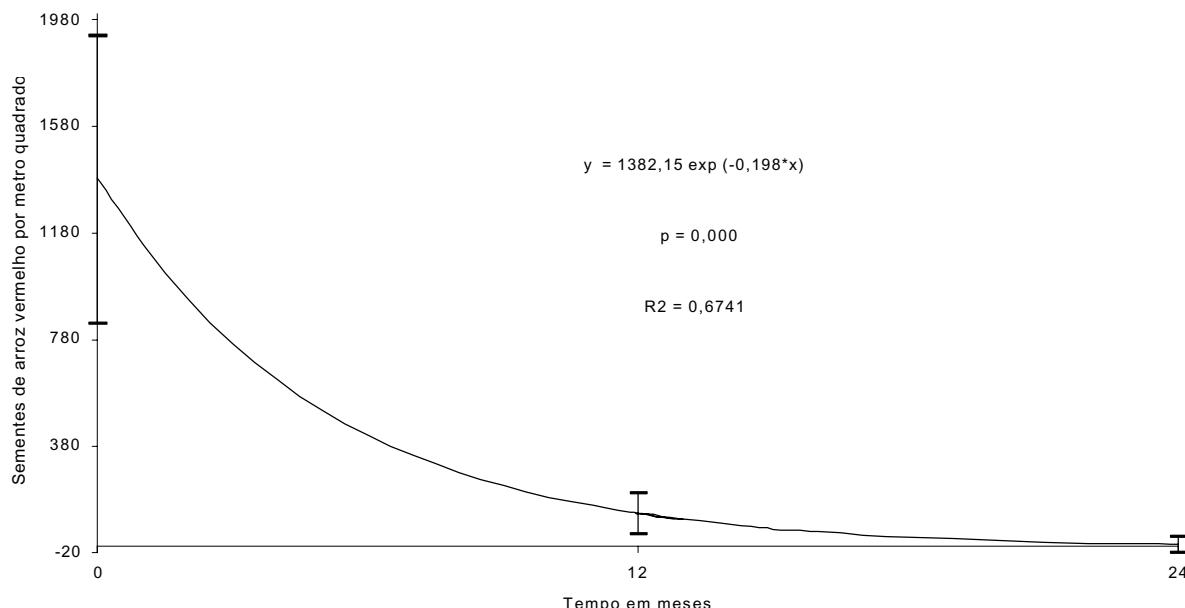


Figura 1 - Efeito do tempo de pousio sobre o número de sementes de arroz vermelho por metro quadrado, na soma de todas as profundidades de coleta. Santa Maria-RS. 2001.

A redução do banco de sementes de arroz-vermelho com o pousio do solo, entre outros fatores, se deve à germinação das sementes e ao consumo das plantas por animais, como bovinos. Segundo Vidotto & Ferrero (2000), as sementes de arroz-vermelho em campo atingem o máximo potencial germinativo aos 153 dias após a colheita dos grãos.

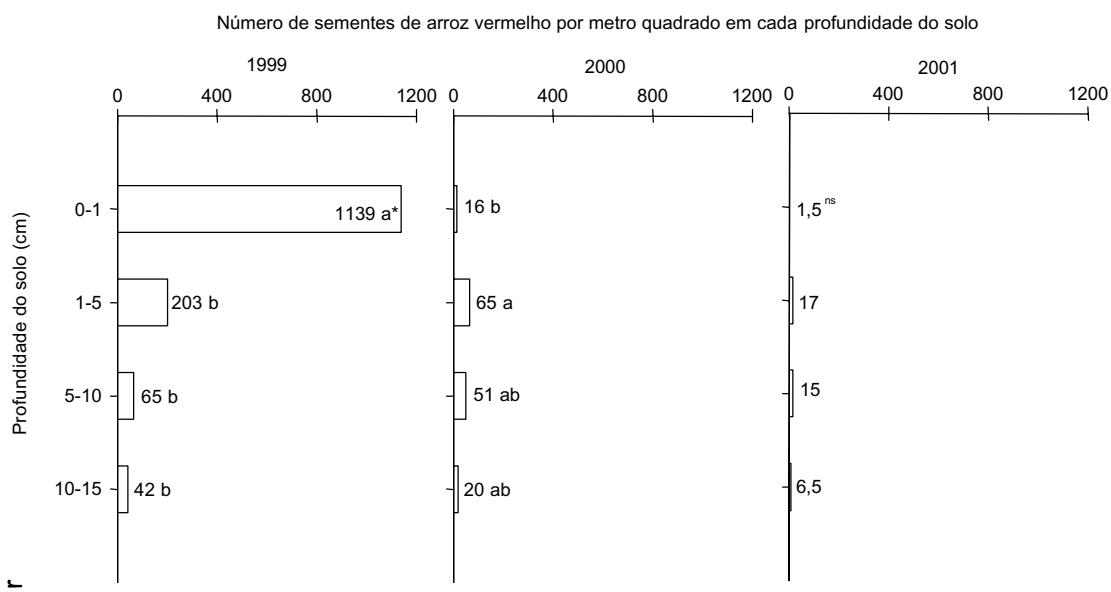
Apesar de terem restado 35 sementes viáveis de arroz-vermelho por metro quadrado após o segundo ano de pousio (Figura 1), observa-se na Figura 2 que, na profundidade de 0-5 cm, em que as sementes são mais aptas a gerar plantas, encontram-se apenas 18,5 sementes por metro quadrado; de acordo com Vidotto & Ferrero (2000), as sementes de arroz-vermelho em solo inundado emergem de uma profundidade máxima de 5 cm, ao passo que com solo em capacidade de campo pode haver até 18% de emergência das sementes localizadas na profundidade de 5-10 cm.

Com relação ao número de sementes de arroz-vermelho em cada profundidade (Figura 2), nota-se que, no primeiro ano, o maior número de sementes encontrava-se na superfície do solo, com média de 1.139 sementes por

metro quadrado, demonstrando que grande parte das sementes que havia no solo após a colheita do arroz era proveniente do degrane do arroz-vermelho produzido naquele ano, corroborando os dados encontrados por Avila et al. (2000), que observaram degrane de 1.266 sementes viáveis de arroz-vermelho por metro quadrado no sistema de semeadura direta; as sementes provindas do degrane correspondiam a 77% do banco de sementes do solo.

No segundo ano, o número de sementes que estavam na superfície do solo reduziu para 16 por metro quadrado e, no terceiro, para apenas 1,5 semente; muitas dessas sementes perderam a viabilidade ou ficaram sujeitas à predação por animais. Trabalhos de Noldin (1995) demonstraram que as sementes presentes na superfície do solo sofrem rápida perda de viabilidade quando comparadas com aquelas depositadas em maiores profundidades.

Na Figura 3 encontram-se os percentuais de redução do banco de sementes de arroz-vermelho, para melhor verificar o impacto do tempo e da profundidade na dinâmica do banco de sementes. Nota-se que, ao refazer os cálculos com as médias das sementes viáveis m^2 (Figura 2), não



Para análise, dados transformados para raiz quadrada.

ns Teste F não-significativo a 5% de probabilidade.

* Médias não ligadas por mesma letra diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Figura 2 - Número de sementes viáveis de arroz vermelho por metro quadrado no banco de sementes do solo, em cada profundidade.
Santa Maria-RS. 2001.



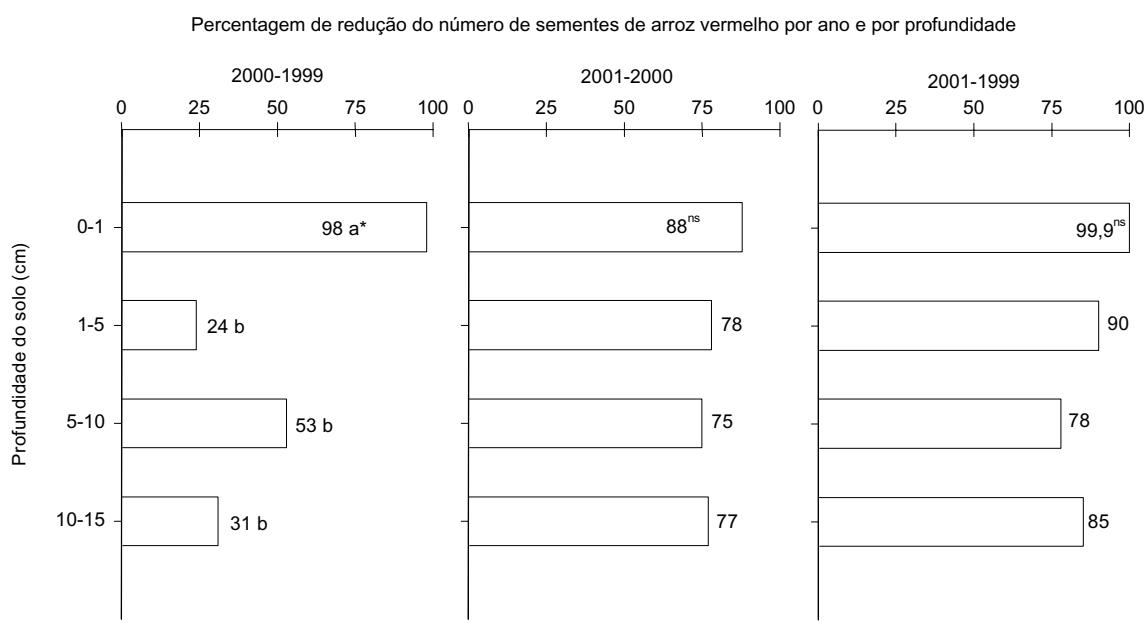
se obtêm os mesmos valores, porque os valores foram calculados para cada parcela e o que é apresentado é a média das percentagens e não a percentagem das médias.

O percentual de redução do banco de sementes na superfície do solo foi de 98% em 2000 (Figura 3), dado expressivo para uma técnica simples e de baixa demanda de investimentos. Quando comparadas as profundidades, nota-se que na superfície do solo a redução foi mais elevada que em maiores profundidades, em concordância com dados de Noldin (1995). Provavelmente, esses resultados devem-se à exposição dos grãos às intempéries, proporcionando-lhes condições adequadas à germinação, perda de viabilidade e predação, diminuindo então o potencial de sementes aptas a renovar a população de plantas de arroz-vermelho para a safra seguinte. As sementes de arroz-vermelho coletadas nas profundidades de 1-5, 5-10 e 10-15 cm, com um ano de pousio, apresentaram redução média de 36%, taxa significativamente inferior à ocorrida na superfície (98%) no primeiro ano. Observou-se que a taxa de redução nas demais profundidades esteve abaixo das obtidas na superfície; no entanto, com dois anos de pousio

atingiu-se redução média de 90, 78 e 85% nas profundidades de 1-5, 5-10 e 10-15 cm, respectivamente. Esses dados encontram suporte nos relatos de Kellman (1978), o qual afirma que, ao se impedir a entrada de sementes para o banco de sementes no solo, o seu tamanho tende a diminuir, com taxa constante no decorrer do tempo e variações inversas à profundidade.

No que se refere à percentagem de sementes encontradas em cada camada de solo (Figura 4), nota-se que no primeiro ano aquelas encontradas na superfície do solo corresponderam a 81% do banco de sementes total, indicando que a maior parte daquelas presentes na área estava em local mais favorável à germinação, sendo imprescindível mantê-las neste lugar, sem cultivo de arroz na área, para reduzir o estoque de sementes. Por outro lado, no segundo ano, a quantidade de sementes que estavam na superfície do solo representou apenas 10% do banco de sementes total e, no terceiro ano, apenas 2%.

Com base nesses resultados e naqueles expostos nas Figuras 2 e 4, em que a grande quantidade de sementes no solo no final do primeiro

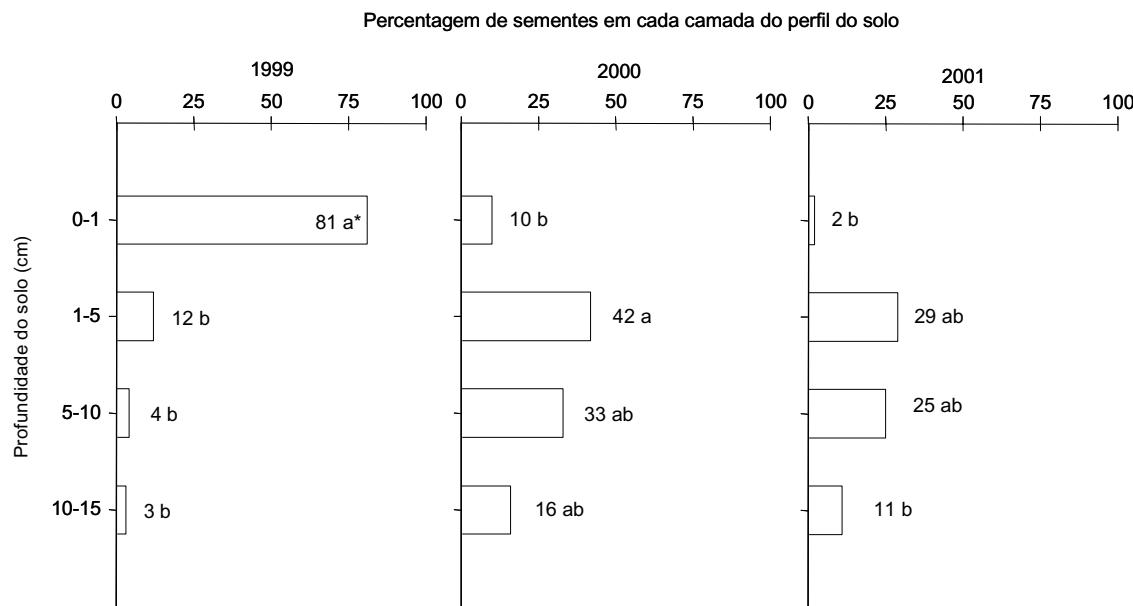


Para análise, dados transformados para raiz quadrada.

* Teste F não-significativo a 5% de probabilidade.

* Médias não ligadas por mesma letra diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Figura 3 - Média das percentagens de redução do banco de sementes sob diferentes profundidades e entre os anos, em resposta ao pisoteio bovino. Santa Maria-RS. 2001.



Para análise, dados transformados para raiz quadrada.

ns Teste F não-significativo a 5% de probabilidade.

* Médias não ligadas por mesma letra diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Figura 4 - Distribuição percentual de sementes viáveis no perfil do solo nos três anos de avaliação. Santa Maria-RS. 2001.

ano estava na profundidade de 1-10 cm (>75% das sementes), vê-se que uma prática de manejo que teoricamente poderia auxiliar na redução mais efetiva do banco de sementes seria a combinação de pousio e mobilização do solo, com o pousio do solo no primeiro ano após a colheita do arroz, seguido, nos meses de dezembro e janeiro, de uma ou mais movimentações do solo até cerca de 10 cm de profundidade; a partir de então não haverá mobilização do solo até o preparo para a safra seguinte, o que proporcionaria exposição destas sementes à superfície do solo ou redistribuição no perfil, expondo-as às condições necessárias à perda de viabilidade ou predação. Entretanto, isso se constitui numa hipótese de trabalho que precisa ser comprovada experimentalmente.

De acordo com os resultados apresentados, conclui-se que o pousio do solo, com ou sem pisoteio animal, reduz o banco de sementes de arroz-vermelho, com média de 85% de redução por ano; as sementes situadas na superfície do solo perdem a viabilidade mais rapidamente, comparadas àquelas que se encontram no perfil do solo.

O pisoteio animal não interfere na dinâmica do banco de sementes de arroz-vermelho.

LITERATURA CITADA

AVILA, L. A. et al. Evolução do banco de sementes e controle do arroz-vermelho em diferentes sistemas de manejo do solo de várzea. **Planta Daninha**, v. 18, n. 2, p. 217-230, 2000.

BENECH-ARNOLD, R. L. et al. Environmental control of dormancy in weed seed soil banks in soils. **Field Crops Research**, v. 67, p. 105-122, 2000.

CARMONA, R. Problemática e manejo de bancos de sementes de invasoras em solos agrícolas. **Planta Daninha**, v. 40, n. 12, p. 5-16, 1992.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA

AGROPECUÁRIA - EMBRAPA: Invasora do arroz acarreta perda de R\$ 250 milhões todo ano. Disponível em: <<http://www.embrapa.br>> Acesso em: 30 de ago., 2001.

FORCELLA, F. et al. Modeling seedling emergence. **Field Crops Res.**, v. 67, p. 123-139, 2000.

GEALY, D. R.; SALDAIN, N. E.; TALBERT, R. E. Emergence of red rice (*Oryza sativa*) ecotypes under dry-seeded rice (*Oryza sativa*) culture. **Weed Technol.**, v. 14, n. 2, p. 406-412, 2000.

GHERSA, C. M.; MARTINEZ-GHERSA, M. A.; BENECH-ARNOLD, R. L. Seed dormancy implications for grain and forage. **J. Prod. Agric.**, v. 10, p. 111-117, 1997.

GOSS, W. L.; BROWN, W. Buried red rice seed. **J. Am. Soc. Agron.**, v. 31, n. 7, p. 633-637, 1939.

HELPERT, C. W. **Dormancy, germination, and emergence of red rice (*Oryza sativa* L.)**. 1981. 92 f. Thesis (Ph.D. Dissertation) – Texas A&M University, Texas, 1986.

KELLMAN, M. Micro distribution of viable weed seed in two tropical soils. **J. Biogeog.**, v. 5, p. 291-300, 1978.

MARCHEZAN, E. Arroz-vermelho: caracterização, prejuízos e controle. Revisão bibliográfica. **Ci. Rural**, v. 24, n. 2, p. 415-421, 1994.

NOLDIN, J. A. **Characterization, seed longevity, and herbicide sensitivity of red rice (*Oryza sativa* L.) ecotypes, and red rice control in soybeans [*Glycine max* (L.) Merr.]**. 1995. 218 f. Thesis (Ph.D. Dissertation) – Texas A&M University, Texas, 1995.

ROCHA, F. F. **Manual do teste de tetrazólio em sementes**, Brasília: Ministério da Agricultura, AGIPLAN, 1976. 85 p.

VIDOTTO, F.; FERRERO, A. Germination behavior of red rice (*Oryza sativa* L.) seeds in field and laboratory conditions. **Agronomie**, v. 20, p. 375-382, 2000.

CONTROLE DE ARROZ-VERMELHO EM DOIS GENÓTIPOS DE ARROZ (*Oryza sativa*) TOLERANTES A HERBICIDAS DO GRUPO DAS IMIDAZOLINONAS¹

*Red Rice Control in Two Rice (*Oryza sativa*) Genotypes Tolerant to Imidazolinone Herbicides*

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

RESUMO - A infestação por arroz-vermelho (*Oryza spp.*) constitui-se num dos principais fatores limitantes da produtividade de grãos do arroz irrigado. 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, tolerantes a herbicidas do grupo das imidazolinonas em resposta a doses e épocas de aplicações da mistura formulada de imazethapyr (75 g L⁻¹) + imazapic (25 g L⁻¹) (produto comercial Only®), 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 (2 x 10), com quatro repetições. O fator A foi composto por dois genótipos de arroz tolerantes às imidazolinonas, um cultivar (IRGA 422 CL) e um híbrido (Tuno CL); e o fator D, pelos tratamentos para controle de arroz-vermelho oriundos de combinações de doses e épocas de aplicação do herbicida. Constatou-se que o híbrido é mais tolerante ao herbicida Only®, quando comparado ao cultivar, sendo possível a utilização de dose total de até 200% no híbrido, em áreas com alta infestação de arroz-vermelho, sem afetar a produtividade. Porém é importante salientar que o incremento da dose do herbicida pode causar problemas de residual a culturas não tolerantes semeadas na seqüência. O controle de arroz-vermelho é total com aplicação fracionada do herbicida em pré e pós-emergência (PRÉ + PÓS), desde que o total aplicado não seja inferior a 125%. Essa condição é atendida pelo tratamento com 75% em PRÉ seguido de 50% em PÓS, o qual propicia a menor dose total entre aqueles com 100% de controle, não afetando a produtividade e apresentando fitotoxicidade semelhante ao tratamento com 100% em PÓS, 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*) yield. An experiment was carried out to evaluate red rice control and the behavior of two rice genotypes tolerant to the imidazolinone herbicides in response to imazethapyr (75 g L⁻¹) + imazapic (25 g L⁻¹) application rates and timing. The experiment was conducted in Santa Maria-RS, Brazil in 2004/2005 and was arranged in a factorial scheme, in a randomized block design, with four replications. Factor A included the two rice genotypes tolerant to the imidazolinones, a cultivar (IRGA 422 CL) and a hybrid (Tuno CL); and factor D included the treatments for red rice control, which was a combination of rates and herbicide application timing. The hybrid was found to be more tolerant to the herbicide only than the cultivar. Application rates up to 200% on the hybrid genotype could be done without affecting rice yield. It is important to state that increasing the rate of herbicide application can create carryover problems to non-tolerant crops. Red rice control was total with split application of imazethapyr + imazapic in PRE and POST emergence with the total rate above 125%. The most efficient treatment was application of 75% in PRE followed by 50% in POST, which was the lowest rate promoting 100% control, with relatively low toxicity to the cultivar and without affecting rice yield.

Keywords: Clearfield, imazapic, imazethapyr, IRGA 422 CL, Only®, Tuno CL.

¹ Recebido para publicação em 6.2.2006 e na forma revisada em 4.8.2006.

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, Dep. de Fitotecnia, Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, prédio 44, sala 5335, 97105-210 Santa Maria-RS, bolsista CAPES, <svilla@ricetec.com.br>; ² Eng.-Agr., Dr., Prof. do Dep. de Fitotecnia da UFSM, pesquisador CNPq, <emarch@ccr.ufsm.br>; ³ Acadêmico do curso de Agronomia da UFSM, bolsista CNPq; ⁴ Eng.-Agr., Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Agronomia da UFSM, bolsista CNPq; ⁵ Eng.-Agr., Dr., Prof. do Dep. de Fitotecnia da UFSM; ⁶ Eng.-Agr., Dr., Prof. do Dep. de Defesa Fitossanitária da UFSM; ⁷ Acadêmico do curso de Agronomia da UFSM, bolsista FAPERGS.



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 metanossulfonato – EMS (Croughan, 1998). O uso de herbicidas em genótipos com essa característica constitui-se numa estratégia 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% nesse sistema, mas para que esse nível seja alcançado há necessidade de duas aspersões de imazethapyr: uma em pré-emergência (PRÉ) e outra em pós-emergência (PÓS) (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; contudo, 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 & Webster, 2004).

Nos EUA, preconiza-se a utilização de aplicações seqüenciais de imazethapyr: uma com 70 g ha⁻¹, em pré-plantio incorporado ou PRÉ, seguido de 70 g ha⁻¹ em PÓS, com o arroz no estádio de três a cinco folhas, independentemente da textura do solo (Ottis et al., 2003). Por outro lado, no Brasil, preconiza-se uma única aplicação de 1,0 L ha⁻¹ da mistura formulada de imazethapyr (75 g L⁻¹) + imazapic (25 g L⁻¹) em PÓS, 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 controle deficiente e as plantas remanescentes florescem simultaneamente, podendo causar

o surgimento de biótipos de arroz-vermelho tolerantes 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 desse cruzamento natural.

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, tolerantes a herbicidas do grupo das imidazolinonas em resposta a doses e épocas de aplicações da mistura formulada dos herbicidas 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 Hidromórfico eutrófico arênico ($\text{pH}_{\text{água}}(1:1)$ = 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, um cultivar (IRGA 422 CL) e um híbrido (Tuno CL), ambos tolerantes às imidazolinonas; e o fator D, pelos tratamentos com os herbicidas imazethapyr (75 g L⁻¹) + imazapic (25 g L⁻¹).

Visando garantir uma boa população 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 m⁻². A semeadura do arroz cultivado foi realizada em linhas espaçadas de 20 cm, no dia 29.10.2004, utilizando-se 108 e 45 kg ha⁻¹ de sementes, para o cultivar e para o híbrido, respectivamente.

A aplicação do herbicida em PRÉ foi efetuada um dia após a semeadura, com 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 precipitação pluvial de 50 mm, constituindo-se numa condição favorável para aplicação em PRÉ desse herbicida. A aplicação em PÓS foi efetuada aos 14 dias após a emergência (DAE), quando as plantas do arroz cultivado encontravam-se no estádio 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 de óleo mineral emulsionável.

Um dia após a aplicação do tratamento em PÓS, a área foi inundada, mantendo-se lámina 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 estádio 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, foram aplicados 500 g ha⁻¹ do inseticida carbofuran para controlar larvas do gorgulho-aquático-do-arroz (*Oryzophagus oryzae*).

Efetuou-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 foram coletadas 10 panículas, nas quais se determinou o número de grãos por panícula e a massa de mil grãos. A avaliação de toxicidade ao arroz foi realizada aos 16 dias após a aplicação dos tratamentos em PÓS. As avaliações de controle de arroz-vermelho e angiquinho (*Aeschynomene dentigulata*) foram realizadas no dia da colheita, sendo os valores estimados visualmente, utilizando a escala percentual de 0 a 100%, em que 0 = ausência de fitotoxicidade ou controle e 100 = morte das plantas ou controle total.

A produtividade de grãos foi determinada através da colheita manual em área de 8,0 m² (5,0 x 1,6 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. 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 para $yt | \arco{\seno{\sqrt{(y/2,05)/100}}}$ e os demais dados em porcentagem foram transformados para $yt | \sqrt{y/2,1}$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para produtividade de grãos, fitotoxicidade e controle de arroz-vermelho (Tabela 1), houve interação entre genótipos e tratamentos do herbicida. As doses totais neste trabalho são de 0 a 200% da recomendada a campo (75 g ha⁻¹ de imazethapyr + 25 g ha⁻¹ de imazapic). O híbrido (Tuno CL) destacou-se como genótipo mais produtivo do que o cultivar (IRGA 422 CL), independentemente 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 à testemunha, com acréscimo de 55% para o cultivar e de 121% para o híbrido. No híbrido, as doses e épocas não afetaram a produtividade de grãos, porém, para o 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. No cultivar, a aplicação em PÓS 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; Agostinetto et al., 2005). Deve-se levar em conta que, aumentando a dose acima do recomendado, pode haver problemas de persistência desses herbicidas no solo, o que pode causar danos a culturas sucessoras não-tolerantes (Williams et al., 2002).

O híbrido foi mais tolerante que o cultivar quando se aplicaram 100% em PÓS (D3) e naqueles tratamentos com dose total superior a 100% (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 Luzzardi⁽¹⁾, comunicação pessoal). Para os tratamentos com dose total de 100%, o aumento da dose em PÓS ocasionou maior fitotoxicidade (Figura 1), não se refletindo na produtividade. Contudo, em condições adversas para o desenvolvimento da cultura, essa fitotoxicidade poderá afetar a produtividade de grãos.

Para o cultivar (Tabela 1), os tratamentos com as doses de 75% em PRÉ (D2), 100% em PRÉ (D4) e a dose de 100% fracionada (D5) proporcionaram menor fitotoxicidade que o tratamento-referência com a dose de 100% em PÓS (D3). Verificou-se também que o tratamento D3 apresentou fitotoxicidade semelhante à dos tratamentos com dose total de 125 a 150% (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 à de D7 e D9.

O controle de 100% do arroz-vermelho foi obtido com os tratamentos com dose total aplicada a partir de 125% (D6, D7, D8, D9 e D10), e foram nesses tratamentos que ocorreu a maior fitotoxicidade para ambos os genótipos. Devem-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 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 para a emergência das plantas de arroz-vermelho, auxiliando no controle. Nesse sentido, o perfeito nivelamento da área em sua superfície é decisivo para manter lâmina uniforme de água e, com isso, ser um importante fator para elevada porcentagem de controle. Em condições de campo, a presença de taipas, por exemplo, pode permitir escapes e a reinfeção de arroz-vermelho.

Tabela 1 - 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 dos herbicidas imazethapyr + imazapic, utilizando genótipos de arroz tolerantes. Santa Maria-RS, 2005

Código do tratamento	Doses de imazethapyr + imazapic ^{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
	(%)			(kg ha ⁻¹)		(%) ^{4,5/}			
D1	0	0	0	A 4.720 c ^{6/}	A 4.978 b	---	---	---	---
D2	75	0	75	B 8.346 a	A 11.200 a	A 4 e	A 5 cd	A 97 b	A 98 b
D3	0	100	100	B 7.046 ab	A 10.646 a	A 22 d	B 14 bc	A 97 b	A 98 b
D4	100	0	100	B 8.131 ab	A 11.452 a	A 6 e	A 4 d	A 97 b	A 98 b
D5	50	50	100	B 7.511 ab	A 11.190 a	A 11 e	A 6 cd	B 97 b	A 99 a
D6	75	50	125	B 7.495 ab	A 11.143 a	A 26 cd	B 8 cd	A 100 a	A 100 a
D7	75	75	150	B 6.725 b	A 10.792 a	A 40 b	B 12 bcd	A 100 a	A 100 a
D8	100	50	150	B 6.766 b	A 11.409 a	A 33 bc	B 8 cd	A 100 a	A 100 a
D9	100	100	200	B 7.016 ab	A 10.809 a	A 54 a	B 19 ab	A 100 a	A 100 a
D10	0	200	200	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
CV (%)				7,6		3,3		0,2	

^{1/} Produto comercial Only, contendo 75 + 25 g ha⁻¹ dos ativos citados, respectivamente. Doses expressas em valores percentuais em relação à dose de 75 g ha⁻¹ de imazethapyr + 25 g ha⁻¹ de imazapic; ^{2/} Aplicação em pré-emergência; ^{3/} Aplicação em pós-emergência com o arroz-vermelho no estádio V₅, segundo escala de Counce et al. (2000); ^{4/} Para a análise, os dados foram transformados para $y_t = \arccos \sqrt{(y/2.05)/100}$; ^{5/} Controle de AV e a fitotoxicidade no arroz foram avaliados visualmente em porcentagem, em que 0 corresponde a ausência de controle ou fitotoxicidade e 100 ao 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 ($P\leq 0,05$).

⁽¹⁾ Eng.-Agrônomo, M.S., Gerente de Pesquisa da RiceTec Sementes Ltda., Av. São Paulo, 877, Bairro São Geraldo, 90230-161 Porto Alegre-RS.

Para as variáveis controle de angiquinho, 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 2). O controle de angiquinho foi de 100% quando a dose aplicada foi igual ou maior que 125%. Destacou-se também a aplicação de 100% em PÓS (D3), com 93% de controle. Cabe ressaltar que, na área do experimento, a infestação média dessa invasora na parcela testemunha era de apenas uma planta por metro quadrado. O controle químico de angiquinho passa a ser economicamente viável quando a população de plantas for acima de duas plantas por metro quadrado (Adoryan, 2004). Dessa forma, em áreas com alta infestação de angiquinho, pode haver necessidade de medidas complementares à aplicação de imazethapyr +imazapic para o controle desta espécie.

O número de colmos por planta do arroz (24 e 36 DAE) foi menor quando se aplicaram

100% em PÓS ou com doses maiores que 100%, mas não foi afetado na avaliação aos 48 DAE. Isso indica que a fitotoxicidade do herbicida retardou a emissão de perfilhos, porém as

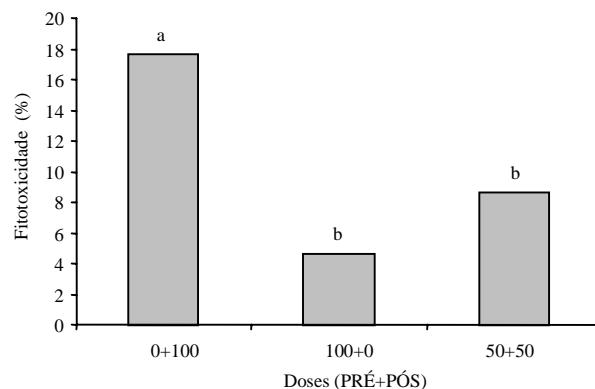


Figura 1 - Fitotoxicidade média dos herbicidas imazethapyr + imazapic em genótipos de arroz tolerantes, medida aos 16 dias após a aplicação dos tratamentos em PÓS, em resposta à época de aplicação do herbicida. Santa Maria-RS, 2005.

Tabela 2 - Controle de angiquinho (AESDE) avaliado no dia da colheita, 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) e esterilidade de espiguetas (EE) de genótipos de arroz tolerantes em resposta a doses e épocas de aplicação dos herbicidas imazethapyr + imazapic. Santa Maria-RS, 2005

Código do tratamento	Doses de imazethapyr + imazapic ^{1/}			AESDE (%) ^{6/7/}	Colmos por planta			Estatura (cm)	PMQ	GP	MMG (g)	EE ^{5/} (%)	
	PRÉ ^{2/}	PÓS ^{3/}	Total		24 DAE ^{4/}	36 DAE ^{4/}	48 DAE ^{4/}						
	(%)	(%)											
D1	0	0	0	---	2,7 ab	3,7 ab	3,5 ns	74 ns	321 b	73 b	25 ns	21 ns	
D2	75	0	75	52 c ^{8/}	2,9 a	4,1 ab	4,2	78	491 a	84 ab	27	17	
D3	0	100	100	93 a	2,1 bc	3,3 b	3,7	78	538 a	80 ab	26	17	
D4	100	0	100	44 b	2,9 a	5,0 a	4,6	80	536 a	99 a	26	15	
D5	50	50	100	89 a	2,9 a	4,8 ab	4,8	77	513 a	91 ab	26	15	
D6	75	50	125	100 a	2,7 ab	4,8 ab	4,7	79	528 a	84 ab	26	18	
D7	75	75	150	100 a	2,0 bc	3,7 ab	4,6	79	471 a	81 ab	27	18	
D8	100	50	150	100 a	2,8 ab	4,7 ab	4,8	78	510 a	94 a	27	14	
D9	100	100	200	100 a	1,8 c	3,6 ab	4,0	78	414 ab	87 ab	27	15	
D10	0	200	200	100 a	1,4 c	3,2 b	3,9	79	478 a	85 ab	27	17	
Genótipos													
IRGA 422 CL			74 b	2,0 b	3,7 b	3,9 b	70 b	489 ns	64 b	29 a	20 a		
Tuno CL			81 a	2,9 a	4,5 a	4,7 a	86 a	470	108 a	24 b	14 b		
Média geral			78	2,4	4,1	4,3	78	480	86	26	17		
CV (%)			5,5	19,3	24,0	25,0	4,5	15,8	14,0	3,5	14,1		

^{1/} Produto comercial Only, contendo 75 + 25 g ha⁻¹ dos ativos citados, respectivamente. Doses expressas em valores percentuais em relação à dose de 75 g ha⁻¹ de imazethapyr + 25 g ha⁻¹ de imazapic; ^{2/} Aplicação em pré-emergência; ^{3/} Aplicação em pós-emergência com o arroz-vermelho no estádio V₅, segundo escala de Counce et al. (2000); ^{4/} Dias após a emergência do arroz; ^{5/} Para análise, os dados foram transformados para $y_t | \sqrt{y} 2^{-1}$; ^{6/} Para análise, os dados foram transformados para $y_t | \text{arcosen} \sqrt{(y 2 0,5) / 100}$; ^{7/} Avaliação percentual, em que 0 significa sem controle e 100 corresponde ao controle total; ^{8/} Na coluna, médias não seguidas da mesma letra para cada parâmetro analisado (dentro de cada fator) diferem pelo teste de Tukey (P≤0,05); e ^{ns} Teste F não-significativo (P>0,05).

plantas compensaram através da emissão de colmos após o efeito fitotóxico. Independentemente da época de avaliação, o híbrido apresentou maior número de colmos por planta.

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 sua vez, a testemunha sem a aplicação do herbicida (D1) afetou negativamente esses parâmetros devido à alta infestação de arroz-vermelho ($219 \text{ plantas m}^{-2}$), 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., 2003).

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

A utilização de genótipos de arroz tolerantes com a mistura formulada dos herbicidas imazethapyr (75 g L^{-1}) + imazapic (25 g L^{-1}) não pode ser considerada 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 desses fatores no desenvolvimento da planta de arroz tolerante e no controle do

arroz-vermelho nesse sistema é fundamental para o sucesso dessa tecnologia. Práticas de manejo como a época de semeadura e o manejo do nitrogênio e da irrigação, entre outras, devem ser mais bem entendidas.

O Tuno CL é mais tolerante ao herbicida quando comparado ao cultivar IRGA 422 CL, tolerando dose total de até 200%, sem afetar a produtividade.

O controle de arroz-vermelho é total com aplicação fracionada do herbicida (PRÉ + PÓS), desde que o total aplicado não seja inferior a 125%. Essa condição é atendida pelo tratamento com 75% em PRÉ mais 50% em PÓS (D6), o qual propicia a menor dose total entre aqueles com 100% de controle, não afetando a produtividade e apresentando fitotoxicidade semelhante à do tratamento com 100% em PÓS (D3), utilizado como referência.

AGRADECIMENTOS

À CAPES, CNPq, FAPERGS e UFSM, pelo auxílio financeiro. À RiceTec Sementes Ltda., pela doação da semente do híbrido.

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.

Ao Dr. Scott Allen Senseman, pelo auxílio na redação e revisão do trabalho.

LITERATURA CITADA

ADORYAN, M. L. Efeitos de densidades de *Aeschynomene rudis* Benth. e seu controle com o herbicida ethoxysulfuron em duas épocas de aplicação na cultura do arroz (*Oryza sativa* L.) irrigado. 2004. 68 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2004.

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. v. 1. p. 143-145.

- BALBINOT Jr., A.A. et al. Competitividade de genótipos de arroz irrigado com cultivar simuladora de arroz-vermelho. **Pesq. Agropec. Bras.**, v. 38, n. 1, p. 53-59, 2003.

COUNCE, P. A.; KEISLING, T. C.; MITCHELL, A. J. 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: <. Acesso em: 19 jan. 2006.</p>

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.

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.

PELLERIN, K. J.; WEBSTER, E. P. Imazethapyr at different rates and timings in drill- and water-seeded imidazolinone-tolerant rice. **Weed Technol.**, 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 Technol.**, 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 Agric.**, v. 45, n. 1, p. 16-17, 2002.



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-Tolerants 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 ($\text{pH}_{\text{água}}(1:1) =$

5,0; $P = 8,0 \text{ mg dm}^{-3}$; $K = 32 \text{ mg dm}^{-3}$; argila = 20%; M.O. = 1,6%; $\text{Ca} = 3,3 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $Mg = 1,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; e $\text{Al} = 0,6 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), 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 P_2O_5 e 105 de K_2O . 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 CO_2 , 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 (%) ^{4/5}	Controle de AV	
	PRÉ ¹ (g i.a. ha^{-1})	PÓS ² (g i.a. ha^{-1})		23 DAE (nº)	48 DAE (nº)		62 DAT	Pré-colheita
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 $yt | \text{arcosen}(\sqrt{y/0,5})/100$; 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 ($P \leq 0,05$); ^{ns} Teste F não-significativo ($P \geq 0,05$).



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 estádio 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 lámina 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 estádio 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, 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 população 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 avaliação de fitotoxicidade ao arroz tolerante foi realizada aos 15 dias após a aplicação dos tratamentos em PÓS. As avaliações do controle de arroz-vermelho foram realizadas aos 62 dias após a aplicação 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 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-tolerantes foi verificado por meio de coleta de fitomassa da cultura do azevém (*Lolium multiflorum*) e da avaliação 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 avaliação do estande inicial do cultivar não-tolerante foi feita 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 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 $y_t | \arco{\seno{\sqrt{(y_2 0,5)/100}}}$, e os demais dados em porcentagem, em $y_t | \sqrt{y_2 1}$.

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 tarde. 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 (nº)	EP	EE (%)	MMG (g)	Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)
	PRÉ ^{1/} (g i.a. ha ⁻¹)	PÓS ^{2/}						
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 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 $yt \mid \sqrt{y} 2 I$;

^{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 ($P \geq 0,05$).



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

Herbicida	Tratamento		MS 119 DAS (kg ha ⁻¹)	MS 137 DAS (kg ha ⁻¹)
	PRÉ ^{1/} (g i.a. ha ⁻¹)	PÓS ^{2/}		
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 estádio 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

Herbicida	Tratamento utilizado na safra 04/05		EI (plantas m ⁻²)	Redução EI (%)	EI (plantas m ⁻²)	Redução EI (%)
	PRÉ ^{1/} (g i.a. ha ⁻¹)	PÓS ^{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 estádio 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 consequentemente a degradacão 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 apresente 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: <. Acesso em: 19 jan. 2006.</p>

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'CONNER, 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.

CONTROLE QUÍMICO DE ARROZ-VERMELHO NA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO¹

Red Rice Chemical Control in Irrigated Rice

SANTOS, F.M.², MARCHESAN, E.³, MACHADO, S.L.O.⁴, VILLA, S.C.C.², AVILA, L.A.⁵
e MASSONI, P.F.S.⁶

RESUMO - A ocorrência de arroz-vermelho (*Oryza spp.*) em áreas de arroz irrigado reduz a produtividade de grãos da lavoura e a qualidade do produto colhido. Em vista disso, desenvolveu-se um experimento com o objetivo de comparar duas ferramentas para controle do arroz-vermelho: uma usando o Sistema Clearfield e outra utilizando doses elevadas de clomazone em sementes tratadas com protetor para supressão de arroz-vermelho. Os tratamentos constituíram-se de uma testemunha, sem aplicação de herbicida, três referentes à aplicação da mistura formulada (75 g i.a. ha⁻¹ de imazethapyr + 25 g i.a. ha⁻¹ de imazapic) e outros três referentes à aplicação do herbicida clomazone. O tratamento mais eficiente no controle de arroz-vermelho foi a aplicação da mistura formulada de imazethapyr + imazapic em pré-emergência, seguido da mesma dose em pós-emergência. Este tratamento proporcionou 100% de controle de arroz-vermelho, além de não prejudicar o estande inicial de plantas e proporcionar alto rendimento de grãos do arroz irrigado.

Palavras-chave: Sistema Clearfield, imazethapyr + imazapic, clomazone, *Oryza sativa*.

ABSTRACT - Red rice (*Oryza spp.*) reduces rice (*Oryza sativa L.*) grain yield and quality. A field study was conducted to compare two red rice control tools, the first using the Clearfield™ system and the second using high rates of clomazone and rice seeds treated with safener to suppress red rice emergence. The treatments include d: check control without herbicide application, three treatments for the formulated herbicide mixture (imazethapyr 75 g i.a. L⁻¹ + imazapic 25 g i.a. L⁻¹) under the Clearfield system, and three clomazone treatments (clomazone 500 g i.a. L⁻¹). The most efficient treatment for red rice control was the formulated mixture of imazethapyr + imazapic (0.7 L ha⁻¹ PRE followed by 0.7 L ha⁻¹ POST). This treatment promoted 100% red rice control, without affecting plant stand and promoting high grain yield.

Keywords: Clearfield System, imazethapyr + imazapic, clomazone, *Oryza sativa*.

INTRODUÇÃO

O arroz-vermelho é a planta daninha que mais causa danos à lavoura orizícola gaúcha, por ocasionar redução da produtividade, apresentar dificuldade de controle, extensão e alto grau de infestação das áreas cultivadas. Além

disso, ela provoca elevação do custo de produção e deprecia o valor comercial do produto final e das áreas cultivadas com arroz. Estimativas indicam que as perdas diretas decorrentes da competição com arroz-vermelho possam atingir 20% da produção de arroz irrigado no Rio Grande do Sul (Marchesan et al., 2004). Pesquisas

¹ Recebido para publicação em 3.7.2006 e na forma revisada em 17.4.2007.

² Engº-Agrº, Mestre em Agronomia pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), 97105-210, Dep. de Fitotecnia, prédio 44, sala 5335, Santa Maria-RS <fernandoagro@mail.ufsm.br>; ³ Engº-Agrº, Dr., Prof. do Dep. de Fitotecnia da UFSM, <emarch@ccr.ufsm.br>; ⁴ Engº-Agrº, Dr., Prof. do Dep. de Defesa Fitossanitária da UFSM; ⁵ Engº-Agrº, Ph.D., Prof. do Dep. de Fitotecnia da UFSM; ⁶ Acadêmico do curso de Agronomia da UFSM, bolsista CNPq.



anteriores mostram, ainda, que cada panícula de arroz-vermelho por metro quadrado reduz a produtividade de grãos de arroz em 16 a 18 kg ha⁻¹ (Souza & Fischer, 1986; Avila et al., 1999).

Devido às semelhanças morfofisiológicas entre o arroz cultivado e o arroz-vermelho, os herbicidas tradicionalmente utilizados na lavoura são ineficientes no controle dessa planta daninha. O degrane natural e o elevado grau de dormência das sementes de arroz-vermelho dificultam ainda mais o controle dessa planta (Noldin et al., 1999). Nesse contexto, buscam-se alternativas que minimizem a infestação do arroz-vermelho nas lavouras sem causar danos ao arroz cultivado.

Uma dessas alternativas, o Sistema Clearfield, foi desenvolvida inicialmente na Universidade de Louisiana (EUA) e consiste em plantas de arroz tolerantes a herbicidas pertencentes ao grupo químico das imidazolinonas (imazethapyr, imazapic etc.). Nos EUA, independentemente da textura do solo, preconiza-se a aplicação fracionada do imazethapyr, na dose de 70 g i.a. ha⁻¹, em pré-plantio incorporado (PPI) ou pré-emergência (PRÉ), seguida da mesma dose em pós-emergência (PÓS), com o arroz no estádio de três a cinco folhas (Ottis et al., 2003). No Brasil, o Sistema Clearfield constitui-se na aplicação da mistura formulada de 75 g i.a. ha L⁻¹ de imazethapyr + 25 g i.a. ha L⁻¹ de imazapic, marca comercial Only, em arroz tolerante, sendo recomendada a dose de 1,0 L ha⁻¹ do produto comercial, aplicado em PÓS.

Outra alternativa apresentada como útil consiste na supressão de arroz-vermelho com a utilização do herbicida clomazone, marca comercial Gamit. Zhang et al. (2004), pesquisando a tolerância de cultivares de arroz à aplicação de clomazone, verificaram que o herbicida pode injuriar alguns cultivares, resultando em redução da estatura de plantas e diminuição do rendimento de grãos da lavoura. Em razão disso, utilizam-se sementes tratadas com protetor, agente químico que reduz a fitotoxicidade de herbicidas nas culturas, por meio de mecanismo fisiológico ou molecular, sem comprometer a eficiência no controle de plantas daninhas (Hatzios & Burgos, 2004) e possibilitando o uso de doses maiores do herbicida. Preconiza-

se, no Brasil, a aplicação de 1.500 g i.a. ha⁻¹ de clomazone em PRÉ, em sementes tratadas com o protetor Permit (dietholate 500 g kg⁻¹) na dose de 1,0 kg do produto para cada 100 kg de sementes.

A busca de alternativas para controle do arroz-vermelho é essencial na manutenção da rentabilidade da lavoura arrozeira. Contudo, são necessárias avaliações dessas alternativas, levando em consideração todos os aspectos do sistema produtivo, desde a eficiência de controle até seus possíveis efeitos no ambiente. Em vista disso, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a eficiência de controle de arroz-vermelho proporcionada pelo Sistema Clearfield e pela supressão dele com utilização de clomazone em sementes tratadas com protetor.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no ano agrícola 2004/05, no campo experimental do Departamento de Fitotecnia da UFSM, em solo classificado como Planossolo Hidromórfico eutrófico arênico, pertencente à unidade de mapeamento Vacacaí (Embrapa, 1999), com as seguintes características: pH _{água}(1:1) = 4,5; P = 6,9 mg dm⁻³; K = 0,14 cmol_c dm⁻³; M.O. = 12 g kg⁻¹; Ca = 2,5 cmol_c dm⁻³; Mg = 1,3 cmol_c dm⁻³; Al = 1,4 cmol_c dm⁻³; e argila = 170 g kg⁻¹.

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com sete tratamentos (Tabela 1) e cinco repetições. As unidades experimentais mediram 5,0 x 4,0 m (20,0 m²), e a área útil para estimativa da produtividade de grãos foi de 4,0 x 1,7 m (6,8 m²).

Para homogeneizar o banco de sementes de arroz-vermelho, foram incorporados ao solo 125 kg ha⁻¹ de sementes, obtendo-se densidade média de 219 plantas desse arroz por metro quadrado. O cultivar IRGA 422 CL foi semeado em linhas espaçadas de 0,17 m, um dia após a incorporação das sementes de arroz-vermelho, em 28.10.2004, na densidade de 120 kg de sementes ha⁻¹; a emergência do arroz irrigado ocorreu aos 12 dias após a semeadura (DAS). A adubação de base foi realizada concomitantemente à semeadura do arroz irrigado, aplicando-se 7, 70 e 105 kg ha⁻¹ de nitrogênio (N), P₂O₅ e K₂O, respectivamente. Na adubação

de cobertura foram utilizados 120 kg ha⁻¹ de N, na forma de ureia, aplicando-se a metade da dose no início do perfilhamento (V4) e o restante na iniciação da panícula (R₀), segundo escala de Counce et al. (2000). Juntamente com a segunda aplicação de N em cobertura, foram utilizados 500 g i.a. ha⁻¹ do inseticida carbofuran, para controle do gorgulho-aquático-do-arroz (*Oryzophagus oryzae*).

A aplicação dos herbicidas em PRÉ foi realizada aos 2 DAS, utilizando o pulverizador costal pressurizado com CO₂, munido de quatro pontas 11002 do tipo leque e calibrado para um volume de pulverização de 125 L ha⁻¹. A aplicação em PÓS foi efetuada aos 16 dias após a emergência (DAE), quando a maioria das plantas do arroz cultivado encontrava-se no estádio V4, ou seja, com quatro folhas formadas, enquanto as plantas de arroz-vermelho encontravam-se no estádio V5. Na aplicação em PÓS foi utilizado o mesmo pulverizador referido, com volume de pulverização de 150 L ha⁻¹ e adição de 0,5% v/v de óleo mineral emulsionável. A área foi inundada um dia após a aplicação do tratamento em PÓS, com lâmina d'água de aproximadamente 5 cm de espessura.

O estande inicial foi determinado aos 15 DAE, por meio da contagem da população de plantas em um metro linear da linha de semeadura. Nesse local, efetuou-se a determinação do número de colmos de arroz aos 25, 37 e 49 DAE.

A avaliação de toxicidade às plantas de arroz foi realizada aos 5, 12, 19, 26, 33, 40, 47 e 77 DAE, e a do controle de arroz-vermelho, na pré-colheita; os valores foram estimados visualmente, usando uma escala de 0 a 100%, em que 0% corresponde à ausência de fitotoxicidade ou não-controle de arroz-vermelho e 100%, à morte das plantas de arroz ou controle total do arroz-vermelho. Ainda na área demarcada para obtenção do estande inicial, determinou-se a estatura de plantas e o número de panículas por planta e foram coletadas 10 panículas, para obtenção do número de grãos por panícula, da massa de mil grãos e da esterilidade de espiagueta.

Para avaliar a produtividade de grãos, foi realizada colheita manual da área útil de cada parcela (6,8 m²), quando os grãos atingiram umidade média de 20%. Esse material foi

submetido a trilha, pesagem e determinação da umidade de colheita dos grãos, sendo esta última corrigida para 13%, para estimativa da produtividade. Separou-se uma amostra de 500 g por parcela, da qual se determinou o teor de impurezas. Posteriormente, as amostras foram submetidas à secagem, com temperatura da massa de grãos de 40 °C. De cada amostra, retiraram-se 100 gramas de arroz com casca para fazer o beneficiamento em um processador de amostras (engenho de provas), obtendo-se, então, a porcentagem de grãos inteiros.

As variáveis determinadas foram submetidas à análise de variância, e as médias, comparadas pelo teste de Tukey ($Pd \leq 0,05$). Os dados de controle de arroz-vermelho foram alterados em $yt = \text{arcosen } o\sqrt{y + 0,5} / 100$. Os demais dados em porcentagem foram transformados para $yt = \sqrt{y + 1}$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O controle de arroz-vermelho foi maior nos tratamentos com o herbicida Only (Tabela 1). O controle de 100% foi obtido com a aplicação da mistura formulada de 52,5 g i.a. ha⁻¹ de imazethapyr + 17,5 g i.a. ha⁻¹ de imazapic em pré-emergência, seguido da mesma dose em pós-emergência, demonstrando que o tratamento constitui-se em uma alternativa eficiente de controle da planta daninha. A aplicação fracionada de imazethapyr como melhor tratamento para controle do arroz-vermelho também foi verificada por Steele et al. (2002) e Ottis et al. (2003), que apontam o controle total de arroz-vermelho, ou níveis próximos a 100%, com utilização de duas aspersões do produto: uma em PRÉ e outra em PÓS. Em contrapartida, o uso de alta dose da mistura formulada de imazethapyr + imazapic, dependendo das condições edafoclimáticas e do manejo da lavoura, pode potencializar problemas de resíduos do herbicida no solo, resultando em prejuízos para o arroz semeado no ano seguinte, caso o produtor opte por um cultivar não-tolerante, ou para o desenvolvimento de outras culturas, como azevém, sorgo e milho. Segundo Williams et al. (2002), a utilização de espécies não-tolerantes pode ser comprometida caso o intervalo entre a aplicação de imazethapyr e a semeadura da cultura em rotação



não seja observado. Nos EUA, onde o Sistema Clearfield foi desenvolvido, recomenda-se a utilização do herbicida imazethapyr por dois anos consecutivos, deixando o solo em pouso por, no mínimo, um ano. Para cultivo de arroz não-tolerante, preconiza-se que seja semeado a partir do 18º mês após a aplicação de imazethapyr (Williams et al., 2002).

Na dose recomendada da mistura formulada de 75 g i.a. ha⁻¹ de imazethapyr + 25 g i.a. ha⁻¹ de imazapic em pós-emergência, observou-se controle de arroz-vermelho em 96%, possibilitando a ocorrência de cruzamento entre o arroz-vermelho e a planta de arroz cultivado e comprometendo, assim, o sistema. Gealy et al. (2003) salientam a importância do controle total da planta daninha para evitar o cruzamento, minimizando o aparecimento de biótipos resistentes ao imazethapyr. Para evitar esses escapes de controle, segundo Steele et al. (2002), a aplicação do herbicida em PRÉ deve ser complementada por outra aplicação em PÓS. Além disso, outros aspectos do manejo devem ser levados em consideração, como a entrada da água na lavoura o mais cedo possível, para auxiliar no controle da planta daninha e na emergência de novas plantas.

O estande de plantas foi maior na testemunha e no tratamento que não recebeu aplicação de herbicida em PRÉ (Tabela 1). Esses tratamentos não diferenciaram da utilização da mistura formulada de 52,5 g i.a. ha⁻¹ de imazethapyr + 17,5 g i.a. ha⁻¹ de imazapic em pré-emergência, que apresentou estande com mais de 300 plantas m⁻², demonstrando que a aplicação parcelada não promove redução no estande de plantas. Contudo, o aumento da dose da mistura formulada para 75 g i.a. ha⁻¹ de imazethapyr + 25 g i.a. ha⁻¹ de imazapic, em pré-emergência, ocasiona redução de 35% no estande, em relação à testemunha. A população de plantas foi influenciada, também, pelas doses do herbicida clomazone e pela utilização ou não de Permit nas sementes. A aplicação de 1.500 g i.a. ha⁻¹ de clomazone, com tratamento de sementes, apresentou estande 85% maior que a utilização do dobro da dose em sementes tratadas e 311% maior que a aplicação da mesma dose sobre sementes não tratadas com Permit. Este tratamento apresentou também maior toxicidade ao arroz irrigado, avaliada aos 5 DAE (Figura 1). Observa-se, assim, a

necessidade do uso de protetor de sementes quando da aplicação de altas doses de clomazone (Hatzios & Burgos, 2004).

Além do efeito no estande, a toxicidade afetou o número de colmos por planta, aos 25 DAE. Nesta data, os tratamentos com redução no número de colmos, aplicação de 3.000 g i.a. ha⁻¹ de clomazone com Permit e 1.500 g i.a. ha⁻¹ de clomazone sem protetor, foram os que causaram maior intoxicação às plantas (Figura 1). Em contrapartida, na avaliação realizada aos 37 DAE, a utilização de 1.500 g i.a. ha⁻¹ de clomazone sem Permit apresentou o maior número de colmos, indicando que a emissão de perfilhos ocupou o espaço deixado pelo menor estande e evidenciando também a recuperação da toxicidade nas plantas restantes. Yoshida (1981) afirma que as plantas de arroz podem compensar o menor estande por meio da emissão de maior número de colmos.

Ainda na avaliação realizada aos 37 DAE, a testemunha apresentou menor número de colmos por planta, provavelmente devido à competição com o arroz-vermelho, que tem maior capacidade de perfilhamento que as plantas de arroz (Diarra et al., 1985), competindo por espaço físico com o arroz cultivado (Marchesan, 1994). Na última avaliação, realizada aos 49 DAE, o maior e o menor número de colmos corresponderam aos mesmos tratamentos da segunda avaliação e os demais tratamentos não apresentaram diferença entre si.

As maiores estaturas de plantas, por sua vez, foram observadas nos tratamentos com aplicação da mistura formulada de imazethapyr + imazapic em PRÉ e clomazone com utilização de Permit nas sementes. Quanto aos tratamentos com a mistura formulada de imazethapyr + imazapic, observou-se diferença de 9 cm na estatura de plantas entre a utilização de 75 g i.a. ha⁻¹ de imazethapyr + 25 g i.a. ha⁻¹ de imazapic em PRÉ e a aplicação de 75 g i.a. ha⁻¹ de imazethapyr + 25 g i.a. ha⁻¹ de imazapic em PÓS, tratamentos estes que apresentaram, respectivamente, maior e menor estatura. Essa diferença pode ser atribuída à maior fitotoxicidade da aplicação de 75 g i.a. ha⁻¹ de imazethapyr + 25 g i.a. ha⁻¹ de imazapic em PÓS, aos 77 DAE (Figura 1). Masson & Webster (2001) também observaram redução visível na altura do arroz como resultado da fitotoxicidade provocada pelos herbicidas do grupo químico das

Tabela 1 - Controle do arroz-vermelho na colheita (CAV), estande de plantas (EP), colmos por planta em dias após a emergência (DAE), estatura de planta na colheita (EP), número de panículas (NP), número de espiguetas por panícula (NEP), massa de mil grãos (MMG), esterilidade de espiguetas (EE), produtividade de grãos (PG) e grãos inteiros (GI), em resposta a doses e épocas de aplicação da mistura formulada de imazethapyr + imazapic, utilizada no cultivar IRGA 422 CL, e à aplicação de doses altas do herbicida clomazone em sementes tratadas com Permit®. Santa Maria-RS, 2005

Tratamento	Doses g i.a. ha ⁻¹		CAV (%) ⁴⁵	EP (m ²)	Colmos por planta			EP (cm)	NP (m ⁻²)	NEP	MMG (g)	EE (%) ⁴⁶	PG (kg ha ⁻¹)	GI (%) ⁴⁷
	PRE ⁴⁸	POS ⁴⁹			25 DAE ⁵⁰	37 DAE ⁵⁰	49 DAE ⁵⁰							
	PRE ⁴⁸	POS ⁴⁹												
Testemunha	0	0	0 f ⁵¹	392 a	2,1 ab	2,0 c	1,7 c	67 cd	317 d	53 c	25 c	42 a	2996 f	33 d
Imazethapyr+imazapic	52,5+17,5	52,5+17,5	100 a	319 abc	2,0 ab	3,9 ab	3,5 bc	71 abcd	680 a	69 abc	28 ab	17 b	7868 ab	63 a
Imazethapyr+imazapic	75+25	0	90 c	255 c	1,8 ab	3,5 bc	3,1 bc	78 a	457 cd	81 a	29 a	14 b	8411 a	62 a
Imazethapyr+imazapic	0	75+25	96 b	362 ab	1,7 ab	2,8 bc	3,2 bc	69 bcd	650 ab	62 bc	28 ab	18 b	7613 b	63 a
Clomazone c/ Permit ⁵²	1500	0	63 e	292 bc	2,3 a	3,2 bc	2,8 bc	72 abc	502 bc	64 abc	27 abc	33 a	5424 d	53 c
Clomazone c/ Permit	3000	0	74 d	158 d	1,3 b	3,8 b	4,2 b	73 ab	395 cd	77 ab	28 a	35 a	6546 c	57 b
Clomazone s/ Permit	1500	0	- ⁵³	71 e	1,3 b	5,4 a	9,3 a	65 d	121 e	72 ab	25 c	34 a	3588 e	33 d
Média			70,5	264	1,8	3,5	4,0	71	446	68	28	28	6055	52
CV (%)			2,16	14,89	26,90	23,06	23,61	4,57	18,07	13,10	5,56	13,09	4,79	1,41

⁴⁵ Aplicação em pré-emergência; ⁴⁶ Aplicação em pós-emergência com o arroz-vermelho no estádio V₅, segundo escala de Counce et al. (2000); ⁴⁷ 0,0-dietil-0-fenil fosforato (500 g i.a. kg⁻¹); ⁴⁸ Controle de arroz-vermelho foi avaliado visualmente em porcentagem, em que 0 corresponde à ausência de controle e 100, ao controle total; ⁴⁹ Para análise, os dados foram transformados em $y_t = \arcsin(\sqrt{y+0,5})/100$; ⁵⁰ Para cada parâmetro analisado, médias seguidas de diferentes letras minúsculas na coluna diferem pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$); ⁵¹ Tratamento não avaliado em razão do grande desenvolvimento das plantas de arroz-vermelho, devido ao baixo estande de plantas; ⁵² Dias após a emergência do arroz; ⁵³ Para análise, os dados foram transformados e m $y_t = \sqrt{y+1}$, (dados apresentados são valores não-transformados).

imidazolinonas. De todos os tratamentos, as menores estaturas de plantas foram obtidas na aplicação de 1.500 g i.a. ha⁻¹ de clomazone sem Permit e na testemunha, sendo ambas as reduções atribuídas à competição com o arroz-vermelho e, no caso do tratamento sem utilização de protetor, também em função da alta fitotoxicidade ocasionada pela aplicação do clomazone (Figura 1).

A avaliação dos componentes da produção de grãos demonstrou que o número de panículas por metro quadrado esteve diretamente relacionado ao estande de plantas. Os tratamentos com maior número de panículas foram a aplicação da mistura formulada de 52,5 g i.a. ha⁻¹ de imazethapyr + 17,5 g i.a. ha⁻¹ de imazapic em PRÉ, seguida da mesma dose em PÓS, e utilização da mistura formulada de 75 g i.a. ha⁻¹ de imazethapyr + 25 g i.a. ha⁻¹ de imazapic em PÓS, que obtiveram também as maiores populações de plantas. Essa relação entre estande e número de panículas só não foi observada na testemunha, na qual a competição por espaço físico com o arroz-vermelho prejudicou o desenvolvimento do arroz. Balbinot Jr. et al. (2003) também mencionam a relação entre o controle da planta daninha e o número

de panículas por metro quadrado, afirmando que menores números de colmos por planta de arroz são obtidos quando estas se encontram em competição com o arroz-vermelho, resultando em menor número de panículas por metro quadrado.

Para número de espiguetas por panícula, observa-se que a aplicação dos tratamentos em PRÉ, tanto para a mistura formulada de imazethapyr + imazapic quanto para clomazone, não teve efeito na variável. Já a aplicação da dose recomendada da mistura formulada, 75 g i.a. ha⁻¹ de imazethapyr + 25 g i.a. ha⁻¹ de imazapic em PÓS, diminuiu o número de espiguetas. A testemunha, por sua vez, foi o tratamento que obteve o menor número de espiguetas por panícula, o que pode ter decorrido do sombreamento das plantas de arroz-vermelho sobre as plantas de arroz cultivado, relação já observada por Balbinot Jr. et al. (2003).

Os tratamentos afetaram também a esterilidade de espiguetas e a porcentagem de grãos inteiros do arroz; tratamentos com menos de 90% de controle da planta daninha apresentaram maior esterilidade de espiguetas e menor porcentagem de grãos inteiros. Nesse contexto, os tratamentos com a mistura formulada



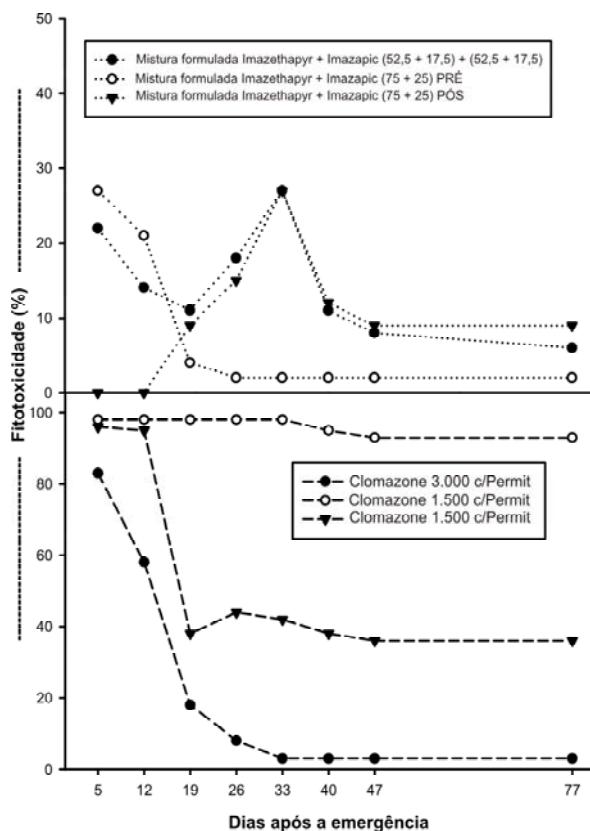


Figura 1 - Fitotoxicidade dos tratamentos para controle de arroz-vermelho sobre o cultivar IRGA-422CL. Legenda: PRÉ = aplicação em pré-emergência; PÓS = aplicação em pós-emergência, [mistura formulada de imazethapyr+imazapic (52,5+17,5) + (52,5+17,5)] = mistura formulada de (52,5 g i.a. ha⁻¹ de imazethapyr + 17,5 g i.a. ha⁻¹ de imazapic em PRÉ) + (52,5 g i.a. ha⁻¹ de imazethapyr + 17,5 g i.a. ha⁻¹ de imazapic em PÓS); [mistura formulada imazethapyr+imazapic (75+25) PRÉ] = mistura formulada de 75 g i.a. ha⁻¹ de imazethapyr + 25 g i.a. ha⁻¹ de imazapic em PRÉ; [mistura formulada imazethapyr+imazapic (75+25) PÓS] = mistura formulada de 75 g i.a. ha⁻¹ de imazethapyr + 25 g i.a. ha⁻¹ de imazapic em PÓS; (Clomazone 1.500 c/ Permit) = 1.500 g ha⁻¹ de clomazone em PRÉ com Permit; (Clomazone 1.500 s/ Permit) = 1.500 g ha⁻¹ de clomazone em PRÉ sem Permit; (Clomazone 3.000 c/ Permit) = 3.000 g ha⁻¹ de clomazone em PRÉ com Permit; As barras verticais representam 95% de intervalo de confiança. Santa Maria-RS, 2005.

de imazethapyr + imazapic apresentaram maior quantidade de grãos inteiros, por terem obtido maior grau de controle de arroz-vermelho. Já os tratamentos com clomazone ocasionaram o dobro de espiguetas estéreis em relação às aplicações da mistura formulada, fator fundamental para a menor produtividade

de grãos encontrada naqueles tratamentos. Quanto à massa de mil grãos, a testemunha e a utilização de 1.500 g i.a. ha⁻¹ de clomazone sem Permit – tratamentos com maior infestação de arroz-vermelho – apresentaram também menor massa. O aumento na esterilidade de espiguetas e a diminuição da massa de mil grãos, podem ser explicados pela interceptação da luz ocasionada pela maior estatura das plantas de arroz-vermelho, prejudicando o enchiamento dos grãos de arroz (Balbinot Jr. et al., 2003).

Os resultados obtidos no experimento demonstram também que a produtividade de grãos foi maior com a aplicação da mistura formulada de 75 g i.a. ha⁻¹ de imazethapyr + 25 g i.a. ha⁻¹ de imazapic em PRÉ, tratamento que resultou em 8.411 kg ha⁻¹, apesar da redução do estande e do número de panículas por metro quadrado, decorrentes da aplicação do herbicida. A utilização fracionada da mistura formulada de imazethapyr + imazapic produziu 7.868 kg ha⁻¹, não diferindo significativamente do maior rendimento. Já a aplicação da mistura formulada somente em PÓS, na dose de 75 g i.a. ha⁻¹ de imazethapyr + 25 g i.a. ha⁻¹ de imazapic, apresentou menor rendimento em relação à aplicação da mesma dose somente em PRÉ, o que pode ter decorrido da maior fitotoxicidade no arroz aos 77 DAE (Figura 1) e consequente diminuição do número de espiguetas por panículas. Esse dado confirma resultados obtidos por Steele et al. (2002), que indicam redução no rendimento do arroz com o acréscimo das taxas de imazethapyr em PÓS de 52 para 70 g i.a. ha⁻¹.

A produtividade de grãos foi menor nos tratamentos com clomazone, em comparação à utilização da mistura formulada de imazethapyr + imazapic. Entre as aplicações de clomazone, verificou-se maior produtividade no tratamento em que foi utilizado Permit, o que pode ser explicado pelo maior estande e estatura de plantas, maior número de panículas por metro quadrado e maior massa de mil de grãos, proporcionados pela aplicação do protetor de sementes. A alta competição do arroz-vermelho com o arroz cultivado afetou negativamente a produtividade de grãos da testemunha, tratamento que obteve redução de 64% na produtividade em relação à maior produtividade de grãos obtida.

Em geral, a fitotoxicidade no arroz foi maior na aplicação de clomazone, em comparação com a utilização da mistura formulada de imazethapyr + imazapic (Figura 1). Os resultados encontrados demonstram que não houve relação direta entre a fitotoxicidade e o controle de arroz-vermelho, pois, mesmo resultando em maior toxicidade às plantas de arroz, os tratamentos com o herbicida clomazone apresentaram menor controle da planta daninha. Quanto à aplicação de clomazone, o tratamento sem a utilização de Permit apresentou a maior fitotoxicidade, aos 77 DAE. Nessa avaliação, houve diferença ainda entre as doses utilizadas em PRÉ; a aplicação de 1.500 g i.a. ha⁻¹ de clomazone com Permit obteve menor fitotoxicidade que a aplicação do dobro dessa dose. A recuperação da toxicidade das plantas, em ambas as doses, ocorreu aos 19 DAE.

Em relação à fitotoxicidade da mistura formulada de imazethapyr + imazapic, ela atingiu valores próximos a 25% em todas as doses e épocas de aplicação do herbicida. Essa alta fitotoxicidade pode estar relacionada à baixa temperatura no período inicial de desenvolvimento da cultura, pois, segundo Malefyt & Quakenbush (1991), o metabolismo parece ser um fator importante na tolerância do arroz a imidazolinonas e a temperatura influencia a taxa de metabolismo. Também Masson & Webster (2001) apontam temperaturas mais baixas como responsáveis pela diferença na fitotoxicidade do arroz em dois anos consecutivos. Segundo os autores, menor injúria foi encontrada no período de temperaturas mais altas.

No que se refere aos tratamentos com a mistura formulada de imazethapyr + imazapic, as doses de 52,5 g i.a. ha⁻¹ de imazethapyr + 17,5 g i.a. ha⁻¹ de imazapic, em PRÉ, proporcionaram maior toxicidade às plantas aos 5 DAE, alcançando a recuperação aos 19 DAE. Já para as aplicações em PÓS, nas doses de 52,5 g i.a. ha⁻¹ de imazethapyr + 17,5 g i.a. ha⁻¹ de imazapic e 75 g i.a. ha⁻¹ de imazethapyr + 25 g i.a. ha⁻¹ de imazapic, observou-se maior fitotoxicidade aos 33 DAE, ou seja, 17 dias após a aplicação do produto, tendo a planta se recuperado visualmente da intoxicação aos 40 DAE (Figura 1). Esses resultados evidenciam que, a partir da maior toxicidade, a recuperação

mais rápida da planta se dá nas aplicações em PÓS, possivelmente em razão de a planta estar em estádio de maior desenvolvimento, tornando seu metabolismo mais eficiente na desintoxicação do herbicida.

No tocante às épocas e doses de aplicação, o experimento demonstrou que, aos 77 DAE, a menor fitotoxicidade foi obtida com a utilização da mistura formulada de imazethapyr + imazapic somente em PRÉ, seguida da aplicação sequencial (PRÉ+PÓS). Já a maior fitotoxicidade foi encontrada na aplicação somente em PÓS. Hackworth et al. (1998) e Steele et al. (2000) também afirmam que a injúria causada pelo imazethapyr é mais severa com a aplicação em PÓS, se comparado à aplicação em PRÉ. Em relação à dose utilizada, Steele et al. (1999) relatam ainda aumento da toxicidade no arroz tolerante a imidazolinonas com o aumento da dose de 70 para 175 g i.a. ha⁻¹ em PÓS.

Os resultados evidenciam que, para controle do arroz-vermelho na lavoura de arroz irrigado, a utilização do Sistema Clearfield é mais eficiente que a aplicação de clomazone e uso de protetor de sementes. A aplicação da mistura formulada de 52,5 g i.a. ha⁻¹ de imazethapyr + 17,5 g i.a. ha⁻¹ de imazapic em PRÉ, seguida da mesma dose em PÓS, apresentou controle de 100% da planta daninha, não prejudicou o estande de plantas e não se diferenciou da maior produtividade de grãos obtida no ensaio. Quanto ao tratamento-referência do produto, 75 g i.a. ha⁻¹ de imazethapyr + 25 g i.a. ha⁻¹ de imazapic em PÓS, observa-se que não houve controle total do arroz-vermelho, possibilitando escape da planta daninha.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo auxílio financeiro advindo da concessão de bolsas de mestrado, pesquisa e iniciação científica a Santos, Marchesan e Massoni, respectivamente, e à Universidade Federal de Santa Maria, pela viabilização das pesquisas realizadas.



LITERATURA CITADA

- AVILA, L. A. et al. Interferência do arroz-vermelho sobre o arroz irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 1; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 23., 1999, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 1999. p. 594-596.
- BALBINOT Jr., et al. Competitividade de cultivares de arroz irrigado com cultivar simuladora de arroz-vermelho. **Pesq. Agropec. Bras.**, v. 38, n.1, p. 53-59, 2003.
- COUNCE, P. A.; KEISLING T. C.; MITCHELL, A. J. A uniform, objective, and adaptive system for expressing rice development. **Crop Sci.**, v. 40, p. 436-443, 2000.
- DIARRA, A.; SMITH JUNIOR, R. J.; TALBERT, R. E. Growth and morphological characteristics of red rice (*Oryza sativa*) biotypes. **Weed Sci.**, v. 33, n. 3, p. 310-314, 1985.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação dos solos**. Brasília: 1999. p. 412.
- GEALY, D. R.; MITTEN, D. H.; RUTGER, J. N. 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.
- HACKWORTH, H. M.; SAROKIN, L. P.; WHITE, R. H. field evaluation of imidazolinone tolerant rice. **Proc. South. Weed Sci. Soc.**, v. 51, p. 221, 1998.
- HATZIOS, K. K.; BURGOS, N. Metabolism-based herbicide resistance: regulation by safeners. **Weed Sci.**, v. 52, n. 3, p. 454-467, 2004.
- MALEYFT, T.; QUAKENBUSH, L. Influence of environmental factors on the biological activity of the imidazolinone herbicides. In: SHANER, D. L.; O'CONNOR, S. L. (Eds.) **The imidazolinone herbicides**. Boca Raton: CRC Press, 1991. p. 104-127.
- MARCHESAN, E. Arroz-vermelho: caracterização, prejuízos e controle. **Ci. Rural**, v. 24, n. 2, p. 415-421, 1994.
- MARCHESAN, E. et al. Controle do arroz-vermelho. In: GOMES, A. S.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. M. (Eds.). **Arroz irrigado no Sul do Brasil**. Brasília: Embrapa Informação, 2004. p. 547-577.
- MASSON, J. A.; WEBSTER, E. P. Use of imazethapyr in water-seeded imidazolinone-tolerant rice (*Oryza sativa*). **Weed Technol.**, v. 15, p. 103-106, 2001.
- NOLDIN, J. A.; CHANDLER, J. M.; MCCUALEY, G. N. Red rice (*Oryza sativa*) biology. I. Characterization of red rice ecotypes. **Weed Technol.**, v. 13, p. 12-18, 1999.
- OTTIS, B. V.; CHANDLER, J. M.; McCUALEY, G. N. Imazethapyr application methods and sequences for imidazolinone-tolerant rice (*Oryza sativa*). **Weed Technol.**, v. 17, n. 3 p. 526-533, 2003.
- SOUZA, P. R.; FISCHER, M. M. Arroz-vermelho: danos causados à lavoura gaúcha. **Lav. Arrozeira**, v. 39, n. 368, p. 19-20, 1986.
- STEELE, G. L.; CHANDLER, J. M.; MCCUALEY, G. N. Control of red rice (*Oryza sativa*) in imidazolinone-tolerant rice (*O. sativa*). **Weed Technol.**, v. 16, n. 3, p. 627-630, 2002.
- STEELE, G. L. et al. Red rice (*Oryza sativa* L.) control with varying rates and application timings of imazethapyr. **Proc. South. Weed Sci. Soc.**, v. 53, p. 19, 2000.
- STEELE, G. L.; CHANDLER, J. M.; MCCUALEY, G. N. Evaluation of imazethapyr rates and application times on red rice (*Oryza sativa*) control in imidazolinone tolerant rice. **Proc. South. Weed Sci. Soc.**, v. 52, p. 237, 1999.
- YOSHIDA, S. **Fundamentals of rice crop science**. Los Baños: International Rice Research Institute, 269 p. 1981.
- WILLIAMS, B. J. et al. Weed management systems for Clearfield Rice. **Louisiana Agric.**, v. 45, n. 1 p. 16-17, 2002.
- ZHANG W. Differential tolerance of rice (*Oryza sativa*) varieties to clomazone. **Weed Technol.**, v. 18, p. 73-76, 2004.

Diâmetro do trado e número de amostras para quantificação do banco de sementes de arroz-vermelho do solo

Core diameter and number of samples to estimative the red rice seed bank

Sérgio Luiz de Oliveira Machado^{I*} Luis Antonio de Avila^{II} Enio Marchesan^{II} Lindolfo Storck^{II}
Geovane Boschmann Reimche^I Paulo Fabrício Sachet Massoni^{II} Heins Kummer^{III}
Luiz Felipe Thomás^{IV}

- NOTA -

RESUMO

Com o objetivo de determinar o diâmetro ideal do trado e o número de amostras necessárias para quantificar o banco de sementes de arroz-vermelho, foram realizados levantamentos em lavouras de arroz irrigado, no Município de Santa Maria, Rio Grande do Sul (RS), Brasil. O experimento foi conduzido em três áreas de 400m² (20x20m), com diferentes níveis de infestação, sendo considerado nível baixo, médio e alto, respectivamente, 71, 282 e 498 sementes de arroz-vermelho por m², coletadas com trados de 5, 10 e 15cm de diâmetro. Os resultados mostraram que, quanto maior o diâmetro do trado, menor foi o CV entre as amostras. O trado com 10cm de diâmetro foi mais funcional e necessitou de 280, 55 e 31 (D=20%); 33, nove e seis (D=60%); e 13, quatro e três (D=100%) amostras de solo, respectivamente, para as infestações de 71, 282 e 498 sementes de arroz-vermelho por m². O número de amostras de solo necessário para melhor estimar populações de sementes de arroz-vermelho é variável com o número médio de sementes no solo e com a precisão desejada.

Palavras-chave: fitossociologia, nível de infestação, *Oryza sativa*, tamanho da amostra, variabilidade.

ABSTRACT

Aiming to estimate the number of samples, and the diameter of soil sampler ideal for red rice infestation level, a irrigated rice field survey has been conducted in Santa Maria, Rio Grande do Sul (RS), Brazil. The experiment was conducted in three areas with 400m² (20x20m) with different red rice

infestation levels considering low, medium and high infestation levels with 71, 282 and 498 red rice seeds per m², respectively, sample with 5, 10 and 15cm core diameter. The results showed that with larger core diameter the samples coefficient variation among samples was smaller. The core of 10 cm is more functional, been necessary 280, 55 and 31 (D=20%), 33, 9 and 6 (D=60%) and 13, 4 and 3 (D=100%) soil samples for the infestation levels 71, 282 and 498 red rice seeds per m² respectively. The number of soil samples necessary to estimate the red rice seed bank is variable with the infestation level and the desirable precision.

Key works: confidence interval, infestation level, *Oryza sativa*, phytosociological, variability.

O termo “banco de sementes” é usado para descrever o total de sementes e outras estruturas de propagação (rizomas, estolões e tubérculos) das plantas presentes no solo (CARMONA, 1992), bem como para conduzir estudos fitossociológicos sobre a dinâmica populacional, aspectos muito importantes para estabelecer um programa de manejo das plantas daninhas (AMBRÓSIO et al., 2004).

O banco de sementes é uma importante ferramenta na predição de futuras populações de plantas daninhas na área. Para tal, é necessário, para uma boa precisão, que o número de amostras e a

^IDepartamento de Defesa Fitossanitária, Centro de Ciências Rurais (CCR), Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil. E-mail: smachado@smail.ufsm.br. *Autor para correspondência.

^{II}Departamento de Fitotecnia, UFSM, Santa Maria, RS, Brasil.

^{III}Dupont do Brasil S.A, Barueri, SP, Brasil.

^{IV}FMC do Brasil S.A., Campinas, SP, Brasil.

quantificação de sementes por amostra sejam representativos (ROBERTS & RICKETTS, 1979). No solo, as sementes de plantas daninhas seguem o modelo da distribuição de Poisson; dessa forma, para um grau aceitável de precisão na estimativa do número mínimo de sementes coletadas, o tamanho da amostra pode ser grande (AMBRÓSIO et al., 1997). Assim, este estudo teve por objetivo determinar, para uma boa precisão, o diâmetro ideal do trado e o número de amostras no solo necessárias para quantificar o número de sementes de arroz-vermelho presentes no banco de sementes do solo, de acordo com os níveis iniciais de infestação.

Foram coletadas amostras de solo em lavouras de arroz irrigado do Município de Santa Maria, Rio Grande do Sul (RS), Brasil, em área de 20x20m, com três níveis de infestação de sementes de arroz-vermelho, sendo considerado o nível baixo = 71 sementes de arroz vermelho por m², o nível médio = 282 sementes de arroz vermelho por m² e o nível alto = 498 sementes por m². Em cada área, foram coletadas 20 amostras de solo com cada um dos três trados (5, 10 e 15cm de diâmetro) na profundidade de 0-15cm. Em seguida, em laboratório, as sementes de arroz-vermelho foram separadas do solo e contadas, e os dados foram convertidos para número de sementes por m².

Para cada nível de infestação de arroz-vermelho, foram estimados a média, o coeficiente de variação e o tamanho da amostra necessária para uma semiampleitude do intervalo de confiança (D) a 95% de probabilidade de erro igual a 20, 60 e 100% da média amostral. Para cada diâmetro de trado, nos três diferentes níveis de infestação de arroz-vermelho, as médias do número de sementes por m² foram comparadas pelo teste "t", em nível de 5% de probabilidade de erro. Também foi estimado o coeficiente de correlação linear entre o diâmetro do trado com as médias do número de sementes de arroz-

vermelho encontradas para cada nível de infestação e o coeficiente de variação. Para os testes de hipótese e estimativa do tamanho da amostra, os dados foram transformados para valores da \sqrt{x} . O tamanho da amostra (n) foi estimado por meio da fórmula: $n=t^2 CV^2 / D^2$, em que t=valor tabelado da distribuição de t com 5% de probabilidade de erro (bilateral) e inicialmente com n-1=19 graus de liberdade; D=semiampleitude do intervalo de confiança igual a 20, 60 e 100%; e CV=coeficiente de variação da amostra (STEEL et al, 1997).

Entre os níveis de infestação, houve diferença no número de sementes de arroz-vermelho para os níveis de infestações médio e baixo (Tabela 1). Para a infestação alta, houve correlação linear significativa entre o diâmetro do trado e as médias do nível de infestação. Além disso, o trado com menor diâmetro superestimou a quantidade de sementes no solo, corroborando VIDOTTO et al. (2001), que obtiveram resultados semelhantes na predição do banco de sementes com nível aceitável de precisão. Os maiores CV estão associados com as menores médias do número de sementes.

O CV também foi inversamente relacionado com o diâmetro do trado para os níveis de infestações baixo e médio (Tabela 2). Todavia, com alta infestação de arroz-vermelho, não foi verificada essa correlação, indicando que nesses locais as amostras de solo para a quantificação do banco de sementes foram representativas com qualquer um dos diâmetros de trados estudados. Dentre os critérios usados na escolha do diâmetro do trado, deve-se considerar, além do número de amostras para um D aceitável, a praticidade da coleta e também o tempo necessário para separar as sementes do solo. Assim, para D=60% e um local com baixo nível de infestação de arroz-vermelho, devem ser coletadas 67, 33 e nove amostras de solo, respectivamente, com trados de 5, 10 e 15cm de

Tabela 1 - Número de sementes de arroz-vermelho por m² em função do diâmetro do trado e do nível de infestação e coeficiente de correlação linear (r) entre o diâmetro do trado e número de sementes. Santa Maria, RS. 2009.

Diâmetro do trado (cm)	Nível de infestação			Média
	Baixo	Médio	Alto	
5	76 c*	331 b	662 ns	357
10	83 a	153 b	465	233
15	54 b	362 a	368	261
Média	71	282	498	
r	-0,74 ns	0,13 ns	-0,98 ¹	

*Na coluna, médias não seguidas pela mesma letra minúscula diferem pelo teste t, em nível de 5% de probabilidade de erro.

¹ Significativo em nível de 5% de probabilidade de erro.

Tabela 2 - Tamanho de amostra para semiamplitude do intervalo de confiança (D, em percentagem da média) do número de sementes por m^2 , em função do diâmetro do trado e do nível de infestação de arroz-vermelho; coeficiente de variação do número de sementes de arroz-vermelho por m^2 e coeficiente de correlação linear (r) entre diâmetro do trado e coeficientes de variação. Santa Maria, RS. 2009.

Diâmetro do trado (cm)	D(%)	Tamanho da amostra			CV (%)		
		Nível de infestação					
		Baixo	Médio	Alto	Baixo	Médio	Alto
5	20	599	122	62	79	112	247
	60	67	16	9			
	100	26	7	5			
10	20	280	55	31	55	74	169
	60	33	9	6			
	100	13	4	3			
15	20	65	18	51	71	39	81
	60	9	4	8			
	100	5	3	4			
r					-0,99*	-0,99*	-0,33 ^{ns}

*Significativo em nível de 5% de probabilidade de erro.

^{ns}Não significativo.

diâmetro. O trado com 10cm de diâmetro foi mais funcional para a coleta, o transporte e a separação das sementes de arroz-vermelho do solo, sendo necessárias 280, 55 e 31 (D=20%); 33, nove e seis (D=60%); e 13, quatro e três (D=100%) amostras de solo, respectivamente para as infestações de 71, 282 e 498 sementes de arroz-vermelho por m^2 .

O número de amostras de solo necessário para estimar populações de sementes de arroz-vermelho é variável com o número médio de sementes no solo e com a precisão desejada. Para estudos com tratamentos em que há muita discrepância no nível de infestação do local, deve-se definir o número amostras necessárias pelo tratamento com menor infestação.

REFERÊNCIAS

- AMBRÓSIO, L.A. et al. Assessment of the sample size to estimate the weed seedbank in soil. *Weed Research*, v.37, n.3, p.129-137, 1997. Disponível em: <<http://www3.interscience.wiley.com/cgi-bin/fulltext/119946051/PDFSTART>>. Acesso em: 12 ago. 2009. doi: 10.1046/j.1365-3180.1997.d01-22.x.
- AMBRÓSIO, L.A. et al. Evaluation of sampling methods and assessment of the sample size to estimate the weed seedbank in soil, taking into account spatial variability. *Weed Research*, v.44, n.3, p.224-236, 2004. Disponível em: <<http://www3.interscience.wiley.com/cgi-bin/fulltext/118764661/PDFSTART>>. Acesso em 30 jun. 2009. doi: 10.1111/j.1365-3180.2004.00394.x.
- CARMONA, R. Problemática e manejo de bancos de sementes de invasoras em solos agrícolas. *Planta Daninha*, v.10, n.1/2, p.5-16, 1992.
- ROBERTS, H.A.; RICKETTS, M.E. Quantitative relationship between the weed flora after cultivation and the seed population in the soil. *Weed Research*, v.19, n.4, p.269-275, 1979. Disponível em: <<http://www3.interscience.wiley.com/journal/119602458/abstract>>. Acesso em 16 jul. 2009. doi: 10.1111/j.1365-3180.1979.tb01537.x.
- STEEL, R.G.D. et al. *Principles and procedures of statistics: a biometrical approach*. 3.ed. New York: McGraw Hill Book, 1997. 666p.
- VIDOTTO, F. et al. A mathematical model to predict the population dynamics of *Oryza sativa* var. *sylvatica*. *Weed Research*, v.41, n.5, p.407-420, 2001. Disponível em:http://www.semear.sgov.br/sema/htm/pdf/Relatorio%20Anual_completo_210207.pdf. Acesso em: 25 jun. 2009. doi: 10.1046/j.1365-3180.2001.00244.x.

Produtividade, fitotoxicidade e controle de arroz-vermelho na sucessão de cultivo de arroz irrigado no Sistema CLEARFIELD®

Productivity, injury and control of red rice in succession of irrigated rice cultivation in System CLEARFIELD®

Enio Marchesan^I Paulo Fabricio Sachet Massoni^{II} Silvio Carlos Cazarotto Villa^{III} Mara Grohs^{II}
Luis Antonio de Avila^{IV} Gerson Meneghetti Sarzi Sartori^{II} Rafael Ferreira Bruck^{II}

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o sistema CLEARFIELD® quanto ao controle do arroz-vermelho, influência sobre a produtividade, bem como a fitotoxicidade ocasionada pelo possível residual no solo da mistura formulada de imazethapyr e imazapic em genótipo de arroz tolerante (IRGA 422CL) e não-tolerante (IRGA 417), os quais serviram como plantas indicadoras. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso em esquema bifatorial (4x3) com parcelas subdivididas, sendo as parcelas principais representadas pela rotação entre arroz tolerante (IRGA 422CL) e o arroz não-tolerante a imidazolinonas (IRGA 417). Nas sub-parcelas foram aplicados os tratamentos para o controle de arroz-vermelho em diferentes épocas de aplicação (pós-emergência (V4), pré+ pós emergência (no dia da semeadura + V4). A fitotoxicidade foi caracterizada com base na cor das folhas, largura, crescimento e desenvolvimento do limbo foliar. Observou-se que a fitotoxicidade foi maior quando o herbicida foi aplicado em pós-emergência permanecendo seus efeitos até 383 dias após a aplicação. O controle de arroz-vermelho não é eficiente com a utilização de apenas um ano agrícola do sistema CLEARFIELD® e o melhor nível de controle e produtividade foi obtido após dois ou três anos consecutivos desse sistema.

Palavras-chave: imazethapyr, planta daninha, residual.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the CLEARFIELD® system regarding the control of red rice, influences on productivity, as well as the possible phytotoxicity caused by carryover soil formulated mixture of imazethapyr and imazapic in tolerant rice genotype (IRGA 422CL) and

non-tolerant (IRGA 417), which served as indicator plants. The experimental design was randomized blocks in a factorial scheme (4x3) with subplots, the main plots represented by rotating tolerant rice (IRGA 422CL) and rice not tolerant to imidazolinone (IRGA 417). In sub-plot treatments were applied to control red rice in different stages of the post-emergence (V4), pre + post emergence (day of seeding V4). Phytotoxicity was characterized based on the color of the leaves, width, growth and development of the leaf. It was observed that phytotoxicity was greater when the herbicide was applied post-emergence, effects remaining until 383 days after application. The control of red rice is not efficient with the use of only one agricultural year of CLEARFIELD® system and the best level of control and yield was obtained after two or three consecutive years of this system.

Key words: imazethapyr, weed, carryover.

INTRODUÇÃO

Em decorrência da elevada infestação das lavouras de arroz irrigado por arroz-vermelho, novas tecnologias de controle químico tem sido desenvolvidas para o controle dessa planta daninha, responsável pela redução de produtividade do arroz bem como pela depreciação do valor do produto final. O desenvolvimento de genótipos tolerantes a herbicidas do grupo químico das imidazolinonas, tecnologia denominada sistema CLEARFIELD®, tornou-se uma ferramenta eficiente para o manejo do

^IDepartamento de Fitotecnia, Centro de Ciências Rurais (CCR), Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil. E-mail: emarchezan@terra.com.br *Autor para correspondência.

^{II}Departamento de Fitotecnia, UFSM, Santa Maria, RS, Brasil.

^{III}Rice tec Sementes Ltda. Porto Alegre, RS, Brasil.

^{IV}Departamento de Fitossanidade, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Pelotas, RS, Brasil.

arroz-vermelho, permitindo aos agricultores o controle seletivo. No Brasil, essa alternativa consiste na aplicação da mistura formulada de 75g i.a. L⁻¹ de imazethapyr + 25g i.a. L⁻¹ de imazapic em genótipo de arroz tolerante (IRGA 422CL), sendo recomendada a dose de 1,0L ha⁻¹ do produto comercial (Only®), aplicado em pós-emergência (POS) quando as plantas se encontram no estádio fenológico V4 pela escala de COUNCE (2000). Contudo, as consequências dessa utilização muitas vezes não são mensuradas e os impactos ambientais decorrentes são ainda pouco conhecidos. A utilização de culturas de inverno como pastagens na rotação lavoura/pecuária ou a escolha de genótipos de arroz não-tolerantes podem ser afetadas pela biodisponibilidade de resíduos desses herbicidas no solo. Os danos, em sua maioria, podem ser observados visualmente e, dependendo de seu grau, podem causar até morte de plantas ou redução na produtividade.

A persistência no solo de herbicidas do grupo químico das imidazolinonas, ao qual pertencem o imazapic, imazapyr, imazamox, imazethabenz e imazethapyr, é influenciada por propriedades que vão além da textura do solo, tais como pH (LOUX & REESE, 1992), umidade (BAUGHMAN & SHAW, 1996), matéria orgânica (STOUGAARD et al., 1990) e concentração de oxigênio (aerobiose/anaerobiose) (KRAEMER et al., 2009a).

Os herbicidas imazethapyr e imazapic são persistentes no solo e a dissipação ocorre através da fotólise e degradação microbiana (ALISTER & KOGAN, 2005). Alguns estudos e observações de campo indicam que os principais fatores determinantes da persistência destes herbicidas no ambiente estão diretamente associados a condições de clima e solo tais como drenagem, preparo do solo, teor de argila no solo e temperatura (KRAEMER et al. 2009a). Desta forma estas condições de clima e solo são relacionadas às práticas de manejo do solo (PEREZ et al. 2005). Além disso, resíduos do herbicida podem ser arrastados pela chuva ou pela água de irrigação e atingir o lençol freático ou os lençóis superficiais, causando prejuízos ao ambiente (CLAY, 1993).

Neste sentido, recomenda-se intervalos de segurança entre a aplicação de herbicidas e a implantação de culturas não-tolerantes em decorrência das injúrias provocadas nas plantas. Para as imidazolinonas, a maioria das recomendações de intervalo de segurança baseia-se em estudos realizados nos Estados Unidos e na Europa, onde podem variar de 31 a 410 dias para imazapic (GRYMES, 1995) ou até 436 dias para imazapyr (COX, 1996) para culturas de sequeiro, onde as condições edafoclimáticas são

diferentes das encontradas no Brasil, e em especial em solos de várzea. Estudos que avaliem o potencial residual no solo dos herbicidas aplicados na lavoura de arroz sob as condições edafoclimáticas brasileiras fazem-se necessários para o desenvolvimento de estratégias de manejo para a rotação com culturas não-tolerantes.

Nesse sentido, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o sistema CLEARFIELD® quanto ao controle do arroz-vermelho, influência sobre a produtividade do arroz, bem como a fitotoxicidade ocasionada pelo residual no solo da mistura formulada de imazethapyr e imazapic, estimada através de plantas indicadoras, genótipo de arroz tolerante (IRGA 422CL) e não-tolerante (IRGA 417).

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido nos anos agrícolas de 2004/05, 2005/06 e 2006/07, em solo classificado como Planossolo Háplico eutrófico arênico (EMBRAPA, 2006) com as seguintes características químicas: pH _{água}(1:1): 5,0; P: 8,0mg dm⁻³; K: 32mg dm⁻³; argila: 20%; silte: 68%; areia: 12 % ; M.O.: 1,6%; Ca: 3,3cmolc dm⁻³; Mg: 1,0cmolc dm⁻³ e Al: 0,6cmolc dm⁻³; saturação por bases: 43%, CTC total: 7,8cmolc DM⁻³; H+Al: 4,4cmolc dm⁻³. O experimento foi conduzido no delineamento de blocos ao acaso em esquema bifatorial (4x3) com parcelas subdivididas. As parcelas principais (Fator A) constaram da rotação entre arroz não-tolerante (IRGA 417) e arroz tolerante aos herbicidas do grupo das imidazolinonas (IRGA 422CL (CLEARFIELD®)). O sistema convencional foi denominado aquele que utilizava a cultivar não-tolerante (IRGA 417) ao herbicida do grupo químico das imidazolinonas. Já o sistema CLEARFIELD® utilizava a cultivar 'IRGA 422CL' que é tolerante ao herbicida do grupo químico das imidazolinonas. Nas safras 2004/05, 2005/06 e 2006/07 houve a seguinte distribuição: (A1) alternância entre o sistema de cultivo com sistema convencional, Sistema CLEARFIELD® e sistema convencional, respectivamente; (A2) Sistema CLEARFIELD® no primeiro ano e nos demais anos sistema convencional; (A3) sistema CLEARFIELD® nos dois primeiros anos e sistema convencional no último ano; (A4) apenas o sistema CLEARFIELD® nas três safras subsequentes. Nas sub-parcelas foram aplicados os tratamentos para o controle de arroz-vermelho com diferentes épocas de aplicação da mistura formulada de imazethapyr e imazapic contendo 75g de imazethapyr e 25g de imazapic por litro, onde na testemunha (D1) não foi utilizada nenhuma forma de controle para o arroz-vermelho; (D2) 100g. i.a. ha⁻¹ aplicado em pós

emergência (POS) (dose recomendada para o Brasil); e (D3) 50g. i.a. ha⁻¹ com aplicação em pré-emergência (PRE) somado a 50g. i.a. ha⁻¹ aplicado em POS.

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 através de uma grade de dentes a uma profundidade de 5 cm a quantidade de 200kg ha⁻¹ de sementes de arroz-vermelho, obtendo-se população média de 260 plantas por metro quadrado.

A semeadura do arroz no primeiro ano ocorreu adotando o sistema convencional de semeadura e nos demais anos o sistema de plantio direto, na densidade de 120 kg de sementes ha⁻¹ dos genótipos 'IRGA 422 CL' tolerante ao herbicida e o genótipo não-tolerante 'IRGA 417'. A adubação e os demais tratos culturais foram realizados conforme recomendação da pesquisa (SOSBAI, 2003).

A aplicação do herbicida em PRE sobre a genótipo de arroz tolerante, foi realizada um dia após a semeadura (DAS) do arroz tolerante e a aplicação em POS foi efetuada aos 14 dias após a emergência (DAE), quando as plantas de arroz tolerante encontravam-se no início do perfilhamento com quatro folhas no colmo principal estando no estádio V4, e as plantas de arroz-vermelho em V5 tendo cinco folhas no colmo principal, segundo escala de COUNCE et al. (2000). Nas 24 horas seguintes após a semeadura ocorreu precipitação pluvial de 53mm, 3mm e 130mm, respectivamente para os três anos, constituindo-se em uma condição favorável para a ativação do herbicida aplicado em PRE. As parcelas testemunhas foram isoladas das demais por placas de PVC.

A fitotoxicidade do herbicida nas plantas de arroz foi realizada através de avaliação visual, em porcentagem, onde zero correspondeu à ausência de fitotoxicidade, e 100% à morte das plantas. As avaliações foram realizadas aos oito dias após a emergência (DAE) para determinar o efeito do residual do ano anterior e aos 14 dias após a aplicação do herbicida em POS (DAA).

A avaliação do controle de arroz-vermelho foi realizada no dia da colheita, através da comparação entre o tratamento testemunha (sem controle) e os demais tratamentos e a diferenciação do arroz-vermelho do arroz cultivado foi através das características da planta como estatura, arquitetura das plantas e formato dos grãos. Os valores estimados visualmente obedeceram a uma escala de 0 a 100%, onde 0% correspondeu a ausência de controle e 100% correspondeu ao controle total das plantas. A produtividade de grãos foi determinada através da colheita manual, em área de 5,25m² (5,0x1,05m), quando os grãos apresentavam grau de umidade média de 20%.

No primeiro ano os sistemas A2, A3 e A4,

foram avaliados como sendo um sistema apenas, pois, todos utilizaram o sistema CLEARFIELD®. Da mesma forma, no segundo ano os sistemas A3 e A4 foram avaliados como sendo o mesmo sistema devido à utilização do sistema CLEARFIELD®.

Os dados foram submetidos aos testes das pressuposições da análise da variância e em seguida submetidos à análise de variância e ao teste de Tukey ($P \leq 0,05$) para comparação das médias. Antes da análise da variância, os dados de controle de arroz-vermelho e fitotoxicidade foram transformados para $y_t = \text{arcoseno} \sqrt{(y + 0,5)/100}$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Safra 2004/05

Na avaliação de fitotoxicidade realizada aos 14DAA da mistura formulada, foram observadas diferenças entre as épocas de aplicação nos sistemas A2, A3 e A4, tendo as maiores injúrias detectadas no tratamento com aplicação em POS (Tabela 1). No sistema A1 não foram detectadas injúrias em função de ter sido adotado o sistema convencional.

Apesar da dose final ser a mesma entre os tratamentos D2 e D3, os 50g i.a ha⁻¹ aplicados em PRE, no tratamento D2, foram submetidos a um maior período de biodegradação em ambiente aeróbico. Diferentemente desse, após a aplicação da dose em POS, tanto de D2, quanto de D3, a área foi submetida à irrigação contínua, desfazendo-se as condições favoráveis para a biodegradação, reduzindo a atividade dos microorganismos aeróbicos. Segundo FLINT & WITT (1997), os herbicidas do grupo químico das imidazolinonas são preferencialmente degradados no solo por microorganismos aeróbicos, os quais requerem uma temperatura ótima de $\pm 30^{\circ}\text{C}$ e umidade do solo de aproximadamente 75% da capacidade de campo. Em função disso, a fitotoxicidade foi substancialmente menor no tratamento PRE+POS. Segundo MARCHESAN et al. (2010) a fitotoxicidade causada pelo imazethapyr é mais severa na aplicação em POS, se comparado à aplicação em PRE. Em condições adversas para o desenvolvimento da cultura, essa fitotoxicidade pode afetar a produtividade de grãos.

Em relação ao arroz-vermelho, foi obtido controle de 98% nos sistemas que utilizaram CLEARFIELD® (Tabela 2). Ressaltam-se duas práticas de manejo que contribuíram para esse nível de controle: a aplicação da mistura formulada no estádio V4-V5 e a irrigação imediatamente após a aplicação do herbicida em POS, prática essa que proporciona maior disponibilidade e absorção do herbicida pelas plantas. Além disso, a água atua como barreira física para a

Tabela 1 - Fitotoxicidade em plantas de arroz irrigado aos oito dias após a emergência (oito DAE) (atribuída ao residual) observada aos 383 (2004/05-2005/06) e 358 (2005/06-2006/07) dias da aplicação do herbicida e aos 14 dias após aplicação (DAA) do herbicida em resposta a diferentes sistemas de cultivo em duas épocas de aplicação. Santa Maria-RS, 2010.

Sistemas de sucessão				Fitotoxicidade inicial (%) (8DAE)				
				Testemunha	Imazethapyr + imazapic ⁵ /L ha ⁻¹			CV (%)
Safras				D1	D2	D3	Média	
	04/05	05/06	06/07	0	0,5 PRE + 0,5 POS ⁴ /	1 POS ¹ /		
Resultado do ano de 2005/06- 383DAA ¹								
A1	Conv ²	CL	-	B 0 ³ /a	A 12,5 b	B 0 c	4,1	
A2	CL	Conv	-	B 0 a	A 35,5 a	A 48,7 a	28	12
A3 A4	CL	CL	-	B 0 a	A 14,6 b	A 6,8 b	7,1	
Média				0	20,8	18,5		
CV(%)					13,7			
Resultado do ano de 2006/07- 358DAA								
A1	Conv	CL	Conv	B 0 a	A 30 a	AB 26,2 b	18,7	
A2	CL	Conv	Conv	B 0 a	A 11,2 b	A 7,5 c	6,2	
A3	CL	CL	Conv	B 0 a	A 38,7 a	A 38,7 a	25,8	14,8
A4	CL	CL	CL	B 0 a	A 12,5 b	A 8,7 c	7	
Média				0	23,1	20,2		
CV(%)					8,4			
Sistemas de sucessão								
	04/05	05/06	06/07	Fitotoxicidade aos 14 DAA				
				Resultado do ano de 2004/05				
A1	Conv ²	-	-	--	--	--	--	
A2,A3,A4	CL	-	-	--	17 b	23 a	20	14
	04/05	05/06	06/07	Resultado do ano de 2005/06				
A1	Conv	CL	-	B 30 a	A 65 a	A 75,2 a	46,7	
A2	CL	Conv	-	B 0 a	A 50 a	A 31 b	27	19
A3, A4	CL	CL	-	B 0 a	A 63,1 a	A 72,7 a	45,2	
Média				0	59,3	59,6		
CV(%)					12,8			
	04/05	05/06	06/07	Resultado do ano de 2006/07				
A1	Conv	CL	Conv	B 0 a	A 31 a	A 22 b	17,6	
A2	CL	Conv	Conv	A 0 a	A 6,7 b	A 5 c	3,9	
A3	CL	CL	Conv	B 0 a	A 45 a	A 35 ab	26,6	17,2
A4	CL	CL	CL	B 0 a	A 32 a	A 31 ab	21	
Média				0	28,6	23,2		
CV(%)					8,4			

¹ Período entre a aplicação do herbicida e avaliação de fitotoxicidade entre o ano 2004/05 até 2005/06 foi de 383 dias, entre o ano de 2005/06 até o ano de 2006/07 foi de 358 dias e entre o ano de 2004/05 até o ano de 2006/07 foi de 728 dias;² Seqüência dos sistemas de cultivo, que mudam em decorrência do ano (CL- genótipo CLEARFIELD® IRGA 422CL; Conv- Convencional – IRGA 422CL);³ Letras diferentes identificam médias diferentes pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$);Para cada parâmetro analisado, médias seguidas de letras minúsculas nas colunas referem-se à comparação entre os sistemas e de letras maiúsculas na linha referem-se à comparação entre as épocas de aplicação.⁴ Época de aplicação do herbicida em pré emergência (PRE) e pós emergência (POS). ⁵ Mistura formulada de imazethapyr mais imazapic (75 e 25g i.a. L⁻¹).

emergência das plantas de arroz-vermelho. Como no sistema A1 não foi realizado aplicação do herbicida, o controle de arroz-vermelho e a produtividade não foram determinados devido ao acamamento ocasionado pela grande quantidade de plantas de arroz-vermelho.

Com relação à produtividade de grãos do genótipo 'IRGA 422' CL (Tabela 2), a aplicação do herbicida em POS ou em PRE+POS não apresentou

diferença no rendimento de grãos ainda que, na avaliação de fitotoxicidade inicial tenha ocorrido diferenças entre os tratamentos. Esse fato evidencia a capacidade de recuperação das plantas, onde a velocidade com que o herbicida foi metabolizado na planta juntamente com a aplicação na fase inicial de desenvolvimento contribuiu para que os tratamentos com aplicação em POS ou PRE+POS não

Tabela 2 - Controle de arroz-vermelho (%), e produtividade de grãos (kg ha^{-1}) em arroz irrigado em resposta a diferentes sistemas de sucessão de cultivos de arroz irrigado e épocas de aplicação de herbicida em três anos agrícolas. Santa Maria-RS, 2010.

Sistemas de sucessão ^{2/}			Controle de arroz-vermelho ^{1/ (%)}				
			Testemunha		Imazethapyr +imazapic ^{5/}		CV (%)
Safras			D1	D2	D3	Média	
	04/05	05/06	06/07	0	0,5 PRE + 0,5 POS ^{4/}	1 POS ^{1/}	
Resultado do ano de 2004/05							
A1	Conv	-	-	-- ^{6/}	--	--	--
A2,A3,A4	CL	-	-	--	98 ^{ns}	98	98 1,4
	04/05	05/06	06/07				
Resultado do ano de 2005/06							
A1	Conv	CL		B ^{3/} 0 a	A 99 a	A 90 ab	63
A2	CL	Conv	-	B 0 a	A 69 b	A 69 b	46 2,6
A3, A4	CL	CL		B 0 a	A 89 a	A 85 ab	58
Média				0	86	81	
CV (%)					8,9		
	04/05	05/06	06/07				
Resultado do ano de 2006/07							
A1	Conv	CL	Conv	B 0 a	A 66 b	A 61 b	42,3
A2	CL	Conv	Conv	B 0 a	A 21 c	A 20 c	13,6 3,6
A3	CL	CL	Conv	B 0 a	A 98 a	A 98 a	65,3
A4	CL	CL	CL	B 0 a	A 99 a	A 99 a	66
Média				0	71	69,5	
CV (%)					6,29		
Sistemas de sucessão ^{2/}							
Produtividade de grãos (kg ha^{-1})							
Resultado do ano de 2004/05							
A1	Conv	-	-	-- ^{6/}	--	--	--
A2,A3,A4	CL	-	-	--	5764 ^{ns}	5765	5765 9,8
	04/05	05/06	06/07				
Resultado do ano de 2005/06							
A1	Conv	CL	-	B 930 b ^{3/}	A 8115 a	A 8253 a	5766
A2	CL	Conv	-	B1657 a	A 4312 b	A 4583 b	3517 8,9
A3, A4	CL	CL	-	B 2024 a	A 8141 a	A 7858 a	6007
Média				1537	6859	6898	
CV (%)					9,6		
	04/05	05/06	06/07				
Resultado do ano de 2006/07							
A1	Conv	CL	Conv	B 1684 a	A 6308 b	A 5534 b	4508
A2	CL	Conv	Conv	A 2223 a	A 1957 c	A 1882 c	2020 12,8
A3	CL	CL	Conv	C 1860 a	A 7813 a	B 6582 b	5418
A4	CL	CL	CL	B 1527 a	A 8730 a	A 8347 a	6201
Média				1823	6202	5586	
CV (%)					18,37		

^{1/} Avaliação visual, onde zero correspondeu à ausência de controle, e 100% de controle das plantas de arroz-vermelho. ^{2/} Seqüência dos sistemas de cultivo, que mudam em decorrência do ano (CL- CLEARFIELD®; Conv- Convencional);^{3/} Letras diferentes identificam médias diferentes pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$);Para cada parâmetro analisado, médias seguidas de letras minúsculas nas colunas referem-se à comparação entre os sistemas e letras maiúsculas na linha referem-se à comparação entre as épocas de aplicação.

^{4/} Época de aplicação do herbicida em pré emergência (PRE) e pós emergência (POS). ^{5/} Mistura formulada de imazethapyr mais imazapic (75 e 25 g i.a. L^{-1}).^{6/} Dados não mostrados devido à impossibilidade de colheita em virtude do acamamento ocorrido pela alta infestação de arroz-vermelho.

apresentassem diferença significativa na produtividade, fato este também mencionado por KRAEMER et al. (2009b).

Safra 2005/06

O grau de fitotoxicidade ocasionado pelo efeito residual do herbicida no solo aos 383 DAA no genótipo não-tolerante variou com a dose aplicada e a

época de aplicação da mistura formulada. Na avaliação realizada aos 8DAE as maiores injúrias ocorreram no sistema A2 (CLEARFIELD® seguido de convencional) com a aplicação seqüencial (PRE+POS) ou em POS, os quais não diferiram significativamente entre si (Tabela 1). Já a menor fitotoxicidade foi observada na testemunha sem aplicação, demonstrando a capacidade

de persistência desse herbicida no solo quando se realizou a aplicação nos respectivos tratamentos.

Em relação às épocas de aplicação, houve diferenças significativas apenas em A1 (convencional seguido de CLEARFIELD®). Nesse sistema, foi constatada fitotoxicidade de 12,5% no genótipo tolerante proveniente da aplicação realizada em PRE, a qual diferiu da testemunha e da aplicação em POS (Tabela 1). Isto se deve ao fato de que aos oito DAE ainda não havia sido realizada a aplicação do herbicida em pós-emergência. No sistema onde foi utilizada a tecnologia CLEARFIELD® por dois anos consecutivos (A3), constatou-se menor fitotoxicidade residual no genótipo tolerante no tratamento em POS, realizado na safra anterior. Assim comprova-se mais uma vez a capacidade do herbicida em causar injúrias, mesmo aos 383DAA no genótipo recomendado para uso no sistema CLEARFIELD®.

Na avaliação da fitotoxicidade aos 14DAA na safra 2005/06 foi observado elevadas porcentagens de injúrias no genótipo tolerante cultivado nos sistemas A1 e A3 (todos cultivados no sistema CLEARFIELD® na presente safra) com aplicação do herbicida em POS, com valores diferindo do sistema A2, o qual não recebeu aplicação do herbicida (Tabela 1).

No sistema A2, as injúrias causadas ao genótipo não-tolerante foram decorrentes da aplicação do herbicida na safra anterior (383DAA) com valores de 50% de fitotoxicidade quando se aplicou em PRE+POS reforçando o fato da capacidade do produto em persistir no solo e de causar fitotoxicidade às culturas não-tolerantes.

Algumas considerações são necessárias para justificar a maior fitotoxicidade observada no experimento. O período de entressafra do arroz no RS caracteriza-se por condições de baixa temperatura, o que contribuiu para a diminuição da atividade microbiana (FLINT & WITT, 1997). Aliado a isto, o pH do solo era de 5,0 sendo que valores menores que estes ocasionam aumento da adsorção da molécula dos herbicidas aos colóides do solo, indisponibilizando-as para a biodegradação (KRAEMER et al., 2009a). Além disso, os teores de M.O nas condições do experimento, em torno de 1,6% e 20% de argila, contribuem para a permanência da molécula do herbicida no solo. Sabe-se que a permanência das moléculas de imidazolinonas estão diretamente relacionadas com a quantidade de matéria orgânica, argila e pH do solo (LOUX & REESE, 1992), sendo que esses fatores podem estar diretamente relacionados com a permanência do herbicida e a fitotoxicidade às plantas, encontradas no experimento.

Com a irrigação do arroz na safra há maior disponibilidade dos herbicidas na solução do solo, visto

que segundo AVILA et al. (2006), quando o solo encontra-se na capacidade de campo, 61% de imazethapyr estaria na solução do solo, ao passo que com a saturação essa quantidade aumentaria para 73%. Além disso, aproximadamente 20 dias após a irrigação, ocorre o fenômeno chamado “auto calagem”, que eleva o pH de solos ácidos favorecendo a dissociação das moléculas do herbicida, predominando a forma aniônica, a qual é repelida pelas cargas negativas das argilas e das superfícies orgânicas, passando então para a solução do solo e tornando-se passível de ser transportada ou absorvida pelas plantas (CHE, 1992) causando danos de fitotoxicidade às plantas de arroz.

Na avaliação sobre controle de arroz-vermelho, observa-se que a utilização do sistema CLEARFIELD® (A1, A3) obteve controle de aproximadamente 90%, comparado com 69% do sistema convencional (A2) (Tabela 2). O menor controle de arroz-vermelho (90%) no sistema CLEARFIELD®, comparado à safra anterior (98%), pode ter sido influenciado pela drenagem da área realizada para viabilizar o estabelecimento do arroz semeado, no sentido de evitar danos causados pelos ácidos orgânicos produzidos durante a decomposição da matéria seca do azevém cultivado na entressafra.

Em relação à produtividade, os melhores resultados foram alcançados com a utilização do sistema CLEARFIELD® (A1, A3) (Tabela 2). No entanto, o uso do sistema convencional após a adoção do sistema CLEARFIELD® no ano anterior proporcionou diminuição da produtividade, provavelmente em decorrência da soma dos efeitos da fitotoxicidade ocorrida no genótipo não-tolerante em função do residual no solo do herbicida aliado ao baixo nível de controle de arroz-vermelho.

Safra 2006/07

Novamente, constatou-se capacidade de persistência do herbicida pertencente ao grupo químico das imidazolinonas. Após o intervalo de 358 dias entre a aplicação e a semeadura do genótipo não-tolerante, o efeito residual, constatada pela fitotoxicidade aos oito DAE, mostrava-se evidente (A1 e A3), tanto na aplicação em POS quanto na aplicação sequencial (Tabela 1). Para o sistema com dois anos consecutivos de CLEARFIELD® (A3) a condição de fitotoxicidade parece ser potencializada, o que pode indicar uma condição de acumulação desse herbicida durante os anos. Transcorridos 728DAA do herbicida para o genótipo não-tolerante apresentou fitotoxicidade de 7,5 e 11,2% na aplicação em POS e PRE+POS, respectivamente. A avaliação de fitotoxicidade aos 14DAA na safra 2006/07 apresentou a mesma tendência

do ano anterior, onde a maioria dos tratamentos com aplicação de herbicida diferiram da testemunha.

A utilização do sistema convencional após dois anos consecutivos do sistema CLEARFIELD® (A3) potencializou os valores de fitotoxicidade, porém o fracionamento da dose não diferiu estatisticamente daquele que utilizou o sistema convencional após um ano de sistema CLEARFIELD® (A1), embora a fitotoxicidade encontrada em valores absolutos tenha sido menor.

Os resultados do terceiro ano de controle de arroz-vermelho (Tabela 2) demonstram o sistema que utilizou dois anos de convencional após o sistema CLEARFIELD® (A2) foi o que apresentou maior incidência de arroz-vermelho. Isto demonstra a ineficácia da utilização de apenas um ano do sistema CLEARFIELD® em área com alta infestação de arroz-vermelho, pois provavelmente esse produto não atua no banco de sementes. A utilização consecutiva do sistema CLEARFIELD® (A4) possibilitou média de 99% de controle, resultado semelhante ao sistema que utilizou dois anos de CLEARFIELD® seguido do sistema convencional (A3). Isso demonstra que a utilização de dois anos consecutivos de CLEARFIELD® reduz substancialmente a emergência de arroz-vermelho, porém esse nível de controle possibilita que com o passar dos anos o cultivo intensivo e continuado das áreas, ocasione a reinfestação e o cruzamento entre o arroz tolerante e o arroz-vermelho.

Os resultados de produtividade estão relacionados diretamente à incidência de arroz-vermelho. Os sistemas que apresentaram menor incidência foram os que apresentaram maior produtividade de grãos. Em contrapartida, a não utilização do CLEARFIELD® acarreta elevada infestação de arroz-vermelho com consequências diretas sobre a diminuição da produtividade.

CONCLUSÃO

A mistura formulada de imazethapyr e imazapic utilizada para o controle de arroz-vermelho em solos de várzea apresenta capacidade de permanecer no solo em doses que podem causar fitotoxicidade em genótipos não-tolerantes e tolerantes utilizados em sucessão.

O controle do arroz-vermelho é eficiente com a utilização do sistema CLEARFIELD® entretanto, a utilização de apenas um ano deste sistema não permite a redução ou eliminação do banco de sementes de arroz-vermelho. O melhor nível de controle e produtividade é obtido após dois ou três anos consecutivos da utilização do sistema CLEARFIELD®.

AGRADECIMENTO

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão de bolsa aos autores Enio Marchesan e Luis Antonio de Avila.

REFERÊNCIAS

- ALISTER, C., KOGAN M. Efficacy of imidazolinone herbicides applied to imidazolinone-resistant maize and their carryover effect on rotational crops. *Crop Protection*, v.24, n.4, p.375-379, 2005. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science?_ob=MImg&_imagekey=B6T5T-4DXBSSN-1-4&_cdi=5011&_user=687358&_pii=S0261219404002339&_origin=browse&_zone=rslt_list_item&_coverDate=04%2F01%2F2005&_sk=999759995&wchp=dGlbV1z-zSkzS&md5=e927e8e7a8f97e48864c55af5d3f9966&ie=/sdarticle.pdf>. Acesso em: 07 nov. 2010. doi:10.1016/j.cropro.2004.09.011.
- AVILA L.A, et al. Imazethapyr aqueous photolysis, reaction quantum yield, and hydroxyl radical rate constant. *Journal Agriculture Food Chemistry*, v.54, n.7, p.2635-2639, 2006.
- 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. Disponível em: <<http://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/jf052214b>>. Acesso em: 07 nov. 2010. doi: 10.1021/jf052214b.
- CHE M. et al. Effect of pH on sorption and desorption of Imazaquin and Imzethapyr on clays and humic acid. *Journal Environmental Quality*, v.21, n.4, p. 698-703, 1992. Disponível em: <[https://www.crops.org/publications/search?search\[-3\]=&searchType\[-3\]=Any&search\[-2\]=che&searchFields\[-2\]\[Author\]=Author&searchType\[-2\]=Phrase&search\[-1\]=&searchFields\[-1\]\[Title\]=Title&searchType\[-1\]=Phrase&volume=21&issue=&year=1992&firstPage=&journal\[jeq\]=jeq&search\[0\]=>](https://www.crops.org/publications/search?search[-3]=&searchType[-3]=Any&search[-2]=che&searchFields[-2][Author]=Author&searchType[-2]=Phrase&search[-1]=&searchFields[-1][Title]=Title&searchType[-1]=Phrase&volume=21&issue=&year=1992&firstPage=&journal[jeq]=jeq&search[0]=>). Acesso em: 07 nov. 2010. doi:10.2134/jeq1992.214698x.
- CLAY, D.V. Herbicide residues in soils and plants and their bioassay. In: STREIBIG, J.C.; KUDSK, P. *Herbicide bioassays*. Florida: CRC, 1993. p.153-171.
- OUNCE, P.A. et al. A uniform, objective, and adaptive system for expressing rice development. *Crop Science*, v.40, p.436-443, 2000. Disponível em: <<http://crop.scijournals.org.w10050.dotlib.com.br/cgi/content/full/40/2/436>>. Acesso em: 28 mar. 2009.
- COX, C. Imazapyr: herbicide factsheet. *Journal of Pesticide Reform Imazapyr*, v.16, n.3, p.16-20, 1996.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Brasília: Embrapa Rio de Janeiro, 2006. 306p.
- FLINT, J.L.; WITT, W.W. Microbial degradation of imazaquin and imazethapyr. *Weed Science*, v.45, p.586-591, 1997.
- GRYMES, C.F. Response of soybean (*Glycine max*) and rice (*Oryza sativa*) in rotation to AC 26222. *Weed Technology*, v.9, p.504-511, 1995.

- KRAEMER A.F. et al. Destino ambiental dos herbicidas do grupo das imidazolinonas – revisão. **Planta daninha**, v.27, n.3, p.629-639, 2009a. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582009000300025&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 07 nov. 2010. doi: 10.1590/S0100-83582009000300025.
- KRAEMER A.F. et al. Lixiviação do imazethapyr em solo de várzea sob dois sistemas de manejo. **Ciência Rural**, v.39, n.6, p.1600-1666, 2009b. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782009000600005&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 07 nov. 2010. doi: 10.1590/S0103-84782009005000119.
- 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, 1993.
- MARCHESAN E. et al. Carryover of imazethapyr and imazapic to nontolerant rice. **Weed Technology**, v.24 p.6-10, 2010.
- Disponível em: <<http://www.bioone.org/doi/full/10.1614/WT-08-153.1>>. Acesso em: 07 nov. 2010. doi: 10.1614/WT-08-153.1.
- PEREZ, K.S.S. et al. Nitrogênio da biomassa microbiana em solo cultivado com soja, sob diferentes sistemas de manejo, nos Cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, n.2, p.137-144, 2005. Disponível em: <<http://webnotes.sct.embrapa.br/pab/pab.nsf/FrAnual>>. Acesso em: 07 nov. 2010. doi: 10.1590/S0100-204X2005000200006.
- SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO (SOSBAI). **Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. Pelotas, RS: SOSBAI, 2007. 159p.
- STOUGAARD, R.N. et al. Effect of soil type and pH on adsorption, mobility and efficacy of imazaquin and imazethapyr. **Weed Science**, v.36, n.1, p.67-73, 1990.

INFLUÊNCIA DE MANEJOS PÓS-COLHEITA DO ARROZ IRRIGADO SOBRE O BANCO DE SEMENTES DE ARROZ-VERMELHO¹

Influence of Post-Harvest Management of Rice Crop on Red Rice Seed Bank

MASSONI, P.F.S.², MARCHESAN, E.³, GROHS, M.⁴, ROSO, R.⁵, COELHO, L.L.⁶,
MACHADO, S.L.O.⁷, TELÓ, G.M.⁸ e DAL'COL LÚCIO, A.⁹

RESUMO - A incorporação da palha após a colheita do arroz dificulta a redução do banco de sementes; por outro lado, favorece a decomposição da palha e, consequentemente, possibilita o preparo antecipado da área, viabilizando a semeadura do arroz no período recomendado. O objetivo deste trabalho foi avaliar a interferência de diferentes manejos após a colheita em áreas cultivadas com arroz irrigado na redução da viabilidade de sementes de arroz-vermelho. O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, em parcelas subdivididas no tempo, com quatro repetições. Os tratamentos foram dispostos em esquema fatorial (7x6), sendo o fator A composto por: [1] lâmina de água permanente, [2] incorporação da palha com preparo do solo seco logo após a colheita do arroz, [3] incorporação da palha com preparo do solo alagado após a colheita, [4] incorporação da palha com o solo seco somente em julho, [5] incorporação da palha com solo alagado logo após a colheita e gradagem da área em julho com solo seco, [6] incorporação da palha com solo seco logo após a colheita e gradagem da área em julho com solo seco e [7] sem incorporação. O fator B foi composto por seis épocas de amostragem do banco de sementes quanto à presença de arroz-vermelho; a amostragem iniciou-se a partir da colheita, ocorrendo a cada 30 dias e finalizando no mês de outubro. O maior efeito sobre a redução do banco de sementes ocorreu quando se utilizaram implementos que incorporaram superficialmente a palha, como o rolo-faca, o qual atua sobre a quebra da dormência, a inviabilidade e o estímulo à germinação das sementes de arroz-vermelho.

Palavras-chave: *Oryza sativa*, preparo do solo, planta daninha.

ABSTRACT - The incorporation of straw after rice harvest makes rice seed reduction difficult. On the other hand, it favors the decomposition of straw, enabling the preparation of the area in advance, thus allowing the preparation of the recommended planting period. The objective of this work was to assess the interference of different management techniques after harvest in rice-cultivated areas in reducing the viability of red rice seeds. The experiment was arranged in a randomized block design, in split-plots in time, with four replications. The treatments were arranged in a factorial design (7x6), consisting of factor A: [1] permanent water blade, [2] straw incorporation with dry soil tillage after rice harvest, [3] incorporation of straw with flooded soil after harvest, [4] incorporation of dry soil only in July, [5] incorporation of straw with flooded soil after harvest and area diskking in July with dry soil, [6] incorporation of straw in dry soil immediately after harvest and area diskking only in July with dry soil and [7] without incorporation. Factor B was composed of different timings of seed bank sampling for the presence of red rice. Sampling was initiated at harvest, occurring every thirty days until October. The greatest effect on seed bank reduction was verified when using implements that superficially incorporated the straw, such as the rolling knife, which acts on dormancy breaking, non-viability and stimulation of red rice germination.

Keywords: *Oryza sativa*, soil preparation, weed.

¹ Recebido para publicação em 14.8.2011 e aprovado em 23.7.2012.

² Engº-Agrº, M.Sc. em Produção Vegetal, <pfmass@hotmail.com>; ³ Professora, Dra., Dep. de Fitotecnia, Universidade Federal de Santa Maria –UFSM, <emarchezan@terra.com.br>; ⁴ Engº-Agrº, M.Sc. em Produção Vegetal, <maragrohs@yahoo.com.br>; ⁵ Aluno do Curso de Agronomia, UFSM, <rodrigoroso@yahoo.com.br>; ⁶ Aluno do Curso de Agronomia, UFSM, <lucas_1_c@hotmail.com>; ⁷ Professor, Dr., Dep. de Fitossanidade, UFSM, <smachado@smail.ufsm.br>; ⁸ Aluno de doutorado em Produção Vegetal, UFSM, <gustavo.telo@yahoo.com.br>; ⁹ Professor, Dr., Dep. de Fitotecnia, UFSM, <adlucio@pq.cnpq.br>.



INTRODUÇÃO

A utilização das áreas de várzea para cultivo do arroz irrigado no Estado do Rio Grande do Sul (RS) é diversificada. O oeste do Estado tem como características a elevada produtividade e a possibilidade de intercalar o cultivo do arroz com pecuária de corte e/ou, em menor escala, cultivos alternativos com a cultura da soja ou pousio da área. Por sua vez, a região central é caracterizada por propriedades menores e com cultivo continuado de arroz irrigado na mesma área, o que dificulta o controle do arroz-vermelho, principal planta daninha da cultura do arroz irrigado (Noldin et al., 2004).

Na região central, o manejo do solo e da palha após a colheita do arroz favorece a decomposição da palha, assim como corrige as imperfeições da área decorrentes da operação de colheita. Essa opção facilita as posteriores operações de preparo do solo e viabiliza a semeadura do arroz irrigado na época preferencial (outubro), o que potencializa a produtividade da cultura, visto que esta é altamente influenciada pela época de semeadura (SOSBAI, 2010). Em algumas regiões do Estado, no entanto, há dificuldade de realizar a semeadura na época preferencial, pois a má drenagem, característica dos solos de várzea, juntamente com a elevada produção de palha do arroz, dificultam o preparo antecipado da área e, consequentemente, a semeadura na época preferencial.

Associado a essa problemática, em muitas áreas há elevada infestação de arroz-vermelho, devido à capacidade das sementes dessa planta daninha de permanecer viáveis no solo por longo período. Peske et al. (1997) caracterizaram a longevidade das sementes de arroz-vermelho, a qual pode apresentar percentuais de germinação inferiores a 5% após dois anos, indicando o elevado grau de dormência das sementes. Associado a isso, alterações de luminosidade, de temperatura e de umidade do solo em função da quantidade de palha podem influenciar diretamente a quebra da dormência das sementes. Entre elas, a temperatura é um dos principais fatores que regem as mudanças no banco de sementes e, consequentemente, na dormência, em campo. Ela está relacionada com a germinação de sementes, como, por exemplo, mudanças na amplitude térmica e no potencial hídrico,

além da sensibilidade das sementes à luz e a temperaturas alternadas (Batlla & Benech-Arnold, 2007).

Além da dormência das sementes do arroz-vermelho, a persistência no solo pode ser favorecida pela distribuição das sementes no perfil do solo, devido à frequência de preparo (Lindquist & Maxwell, 1991). Nesse sentido, a prática utilizada no manejo após a colheita do arroz pode contribuir para manutenção ou aumento do banco de sementes e, consequentemente, dificultar seu controle.

Nesse cenário, o objetivo deste trabalho foi avaliar a interferência de diferentes manejos após a colheita de arroz irrigado sobre a evolução do banco de sementes de arroz-vermelho.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em campo, em área de várzea sistematizada, localizada no município de Santa Maria-RS, durante os anos de 2009 e 2010.

Para obtenção do banco de sementes, foi semeado arroz convencional (cultivar IRGA 417) nos mesmos anos de condução do ensaio, em área com histórico de infestação com arroz-vermelho. O arroz cultivado foi colhido com umidade inferior a 15%, a fim de possibilitar o degrane natural do arroz-vermelho e do arroz cultivado e, consequentemente, a realimentação do banco de sementes do solo.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, com parcelas subdivididas no tempo, com quatro repetições. As unidades experimentais apresentaram área total de 75 m² (15 x 5 m), sendo os tratamentos alocaados nas mesmas unidades experimentais durante os dois anos de condução do experimento, através de um esquema bifatorial (7 x 6). O fator A foi composto pelos preparamos do solo após a colheita do arroz: [1] lâmina de água permanente, [2] incorporação da palha com preparo do solo seco logo após a colheita do arroz, [3] incorporação da palha com preparo do solo alagado após a colheita, [4] incorporação da palha com o solo seco em julho, [5] incorporação da palha com solo alagado logo após a colheita e gradagem da área em julho com solo seco, [6] incorporação da palha com

solo seco logo após a colheita e gradagem da área em julho com solo seco e [7] sem incorporação.

Para o tratamento com a manutenção da lámina de água (tratamento 1), primeiramente realizou-se a colheita do arroz cultivado no seco, e uma semana após a colheita procedeu-se à inundação da área; à medida que ocorria a redução da lámina de água, havia reposição, mantendo-a entre 5 e 10 cm. A drenagem das unidades experimentais foi realizada 30 dias antes da última coleta de solo (11/9/2009 e 6/9/2010).

Nos tratamentos em que se incorporou a palha após a colheita com o solo seco, utilizou-se uma grade niveladora com profundidade de trabalho de 10 a 15 cm. Para os tratamentos com incorporação da palha com solo alagado, utilizou-se um rolo-faca. Esse implemento proporciona maior contato do solo com a palha, porém mantém esta próxima à superfície do solo, com pequena incorporação: aproximadamente 3 cm.

As datas do preparo após a colheita (preparo inicial) para o primeiro e segundo anos foram 11/5/2009 (10 dias após a colheita) e 3/5/2010 (8 dias após a colheita). Os manejos de julho foram realizados em 29/7/2009 e 10/8/2010, para o primeiro e segundo anos, respectivamente.

O fator B foi representado pelos momentos de coleta de amostras do banco de sementes de arroz-vermelho após a colheita, sendo a primeira coleta realizada no dia da colheita e as subsequentes, a cada 30 dias (0, 30, 60, 90, 120 e 150 dias após a colheita - DAC). Inicialmente, foram demarcadas duas áreas amostrais ($0,25 \times 0,25$ m), em cada unidade experimental. Após a coleta do solo, foi efetuada a média das duas áreas amostrais, para composição do banco de sementes. As coletas de solo foram feitas no perfil do solo, de 0 a 10 cm de profundidade. Além disso, para os tratamentos “lámina de água permanente” e “sem preparo do solo”, as sementes que se encontravam na superfície foram coletadas manualmente, bem como as que já se encontravam germinadas, pois nesses tratamentos não havia revolvimento do solo. O termo “sementes germinadas” refere-se às plântulas de arroz-vermelho provenientes do banco de

sementes. À medida que o solo era coletado da área demarcada, demarcava-se novamente outra área para a coleta posterior.

O volume de solo analisado para cada tratamento em cada data de coleta foi composto de, aproximadamente, 0,05 m³ de solo. O número de sementes encontrado em cada amostra foi representado como porcentagem do total de sementes de cada amostra. Dessa forma, o somatório das sementes dormentes e inviáveis e de plântulas de arroz-vermelho totalizava 100%.

As sementes encontradas foram submetidas à análise de viabilidade através do teste de tetrazólio (concentração de 0,2%), segundo as Regras de Análises de Sementes (Brasil, 2009), sendo classificadas em viáveis e não viáveis. As sementes viáveis foram consideradas dormentes. Com isso, o banco de sementes foi estratificado da seguinte forma: sementes inviáveis e germinadas, as quais foram denominadas plântulas, e sementes viáveis, que foram consideradas dormentes.

As variáveis analisadas de porcentagem de sementes dormentes, inviáveis e plântulas de arroz-vermelho foram submetidas ao teste das pressuposições do modelo matemático (normalidade e homogeneidade das variâncias pelo teste de Liliefor). Para o fator A, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$) e para o fator B foram ajustadas equações pela análise de regressão. Os anos foram avaliados separadamente, e os dados, submetidos à análise de variância pelo teste F.

Para os resultados que não atenderam às pressuposições de normalidade e homogeneidade das variâncias foram utilizadas transformações, em que para sementes dormentes e inviáveis utilizou-se $yt = \sqrt{y}$ e, para os demais dados de porcentagem de plantas, $yt = \sqrt{(y)+0,5}$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Sementes da superfície do solo

Para as sementes da superfície do solo, no tratamento com lámina permanente de água, ocorreu redução significativa da porcentagem

de sementes dormentes no decorrer do período avaliado (150 dias), durante os anos de 2009 e 2010 (Figura 1A). Esse resultado é reflexo da retirada da água, o que proporcionou condições ambientais para que as sementes germinassem,

concentrando essa germinação a partir dos 120 dias após a colheita (DAC). Essa redução na dormência foi de 69% entre a primeira e a última coleta (150 DAC), para o primeiro ano, e de 48% para o segundo ano (Tabela 1).

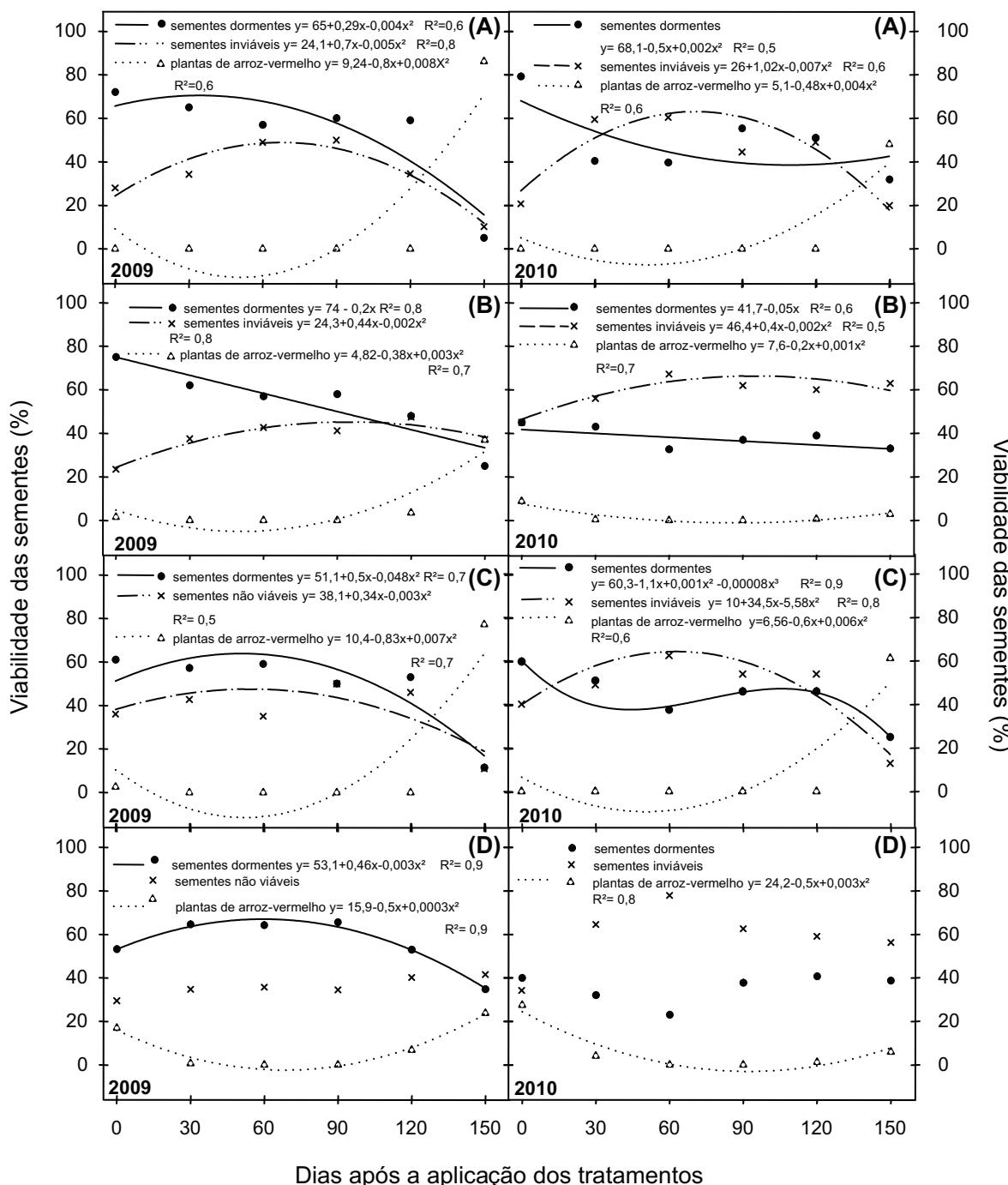


Figura 1 - Porcentagem de sementes dormentes, inviáveis e plantas de arroz-vermelho nos tratamentos com lâmina de água permanente nos anos de 2009 e 2010 na superfície do solo (A) e na camada de 0-10 cm (C) no tratamento sem preparo de solo nos anos 2009 e 2010 na superfície do solo (B) na camada de 0-10 cm (D). Santa Maria-RS, 2012.

Tabela 1 - Porcentagem de sementes dormentes, inviáveis e plântulas de arroz-vermelho na superfície do solo durante o período de coleta nos anos de 2009 e 2010, nos tratamentos com lâmina permanente de água, com preparo do solo seco em julho e sem preparo de solo. Santa Maria-RS, 2012

Tratamento	Dias após a aplicação dos tratamentos					
	2009			2010		
	0	120	150	0	120	150
Sementes dormentes de arroz-vermelho na superfície do solo (%)						
Lâmina de água	72 ^{ns}	55 ^{ns}	3 b	79 ^{ns}	51 ^{ns}	31 b*
Sem preparo do solo	74	49	25 a	45	39	33 a
CV(%)	29			30		
Sementes inviáveis de arroz-vermelho na superfície do solo (%)						
Lâmina de água	28 ^{ns}	45 ^{ns}	11 b	21 ^{ns}	49 ^{ns}	21 b
Sem preparo do solo	24	47	38 a	46	60	64 a
CV(%)	29			23		
Plântulas de arroz-vermelho na superfície do solo (%)						
Lâmina de água	0 ^{ns}	0 ^{ns}	86 a	0 ^{ns}	0 ^{ns}	48 a
Sem preparo do solo	2	4	37 b	9	0,6	2,9 b
CV(%)	29			53		

Embora o período pós-colheita seja de temperaturas baixas, dificultando a superação da dormência, ele foi suficiente para superação da dormência das sementes que permaneceram sob lâmina de água. Em ambiente anaeróbico, algumas alterações podem ocorrer no metabolismo das sementes, podendo levar à superação da dormência. Entre essas alterações está o aumento na produção de etanol nas células (Magneschi et al., 2009); a maior concentração de etanol nelas e sua relação de lipofilicidade aumentam a desordem na parede celular, a qual resulta em maior fluidificação da membrana, o que é comparável ao efeito de aumento de temperatura (Hallett & Bewley, 2002). Dessa forma, essas modificações que ocorreram na membrana em ambiente anaeróbico podem ter favorecido a superação da dormência nesse tratamento.

Esse resultado é de extrema importância no controle do arroz-vermelho, porém devem-se levar em consideração dois aspectos: a drenagem foi realizada muito próximo à semeadura do arroz, o que pode dificultar o preparo do solo e inviabilizar a semeadura no início da época preferencial; e esse sistema não é ambientalmente sustentável, pois a manutenção da lâmina de água foi realizada durante toda a entressafra, elevando os custos.

O tratamento sem preparo de solo (Figura 1B) apresentou redução linear na porcentagem de sementes dormentes no decorrer dos 150 DAC, com redução de 49% entre a primeira (0 DAC) e a última coleta (150 DAC). Nesse tratamento, as sementes dormentes transformaram-se em sementes inviáveis e em plântulas de arroz-vermelho. A germinação das sementes distribuiu-se entre o início (maio – 30 DAC) e o final do período das avaliações (outubro), possivelmente em razão das temperaturas mais elevadas ocorridas nesses momentos. Além disso, a germinação que ocorreu aos 30 DAC pode estar relacionada com os diferentes graus de dormência das sementes que se encontram na mesma planta. Segundo Finch-Savage (2006), a dormência pode estar associada à existência de diferenças de germinabilidade das sementes em função da posição delas na panícula. Possivelmente, as sementes de arroz-vermelho que germinaram nos primeiros 30 DAC foram sementes que degranaram precocemente e sofreram maior influência das oscilações térmicas e de umidade na superfície do solo, estimulando assim a germinação.

Deve-se salientar a grande quantidade de sementes inviáveis nesse tratamento, o qual atingiu valores próximos a 38% no primeiro ano e 64% no segundo ano, para as sementes

da superfície do solo. Isso ocorre quando as sementes permanecem sobre a superfície e ficam expostas às oscilações de temperatura e umidade, ou até mesmo a ataque de fungos e insetos, que podem atuar diretamente na sua inviabilização. Em trabalho conduzido por Marchezan et al. (2003), 99% das sementes de arroz-vermelho que permaneceram na superfície perderam sua viabilidade.

Estudos desenvolvidos por Vidotto & Ferrero (2000) revelaram que as sementes de arroz-vermelho que permanecem em campo atingem o máximo potencial germinativo aos 153 DAC em ambiente seco. Por outro lado, a germinação de uma população de arroz-vermelho que permaneceu sob lâmina de água apresentou 95% de germinação após 136 DAC (Fogliatto et al., 2010).

Para o segundo ano, houve redução significativa na dormência das sementes, sendo menor que a do ano anterior. Possivelmente, esse fato seja reflexo das condições climáticas experimentadas pelas sementes ainda quando ligadas à planta-mãe, já que, ao 0 DAC 45% das sementes estavam dormentes, indicando alguma alteração no período anterior ao da coleta inicial. Além disso, essa alteração também pode ter proporcionado dormência mais acentuada, ocasionando maior dificuldade na sua superação e, consequentemente, menor redução da dormência ao final dos 150 DAC.

Sementes na camada de 0-10 cm

Para o tratamento com lâmina de água permanente (Figura 1C), durante o período pós-colheita, o comportamento das sementes dormentes e inviáveis e de plantas de 0 a 10 cm foi semelhante ao daquelas que permaneceram na superfície do solo nos dois anos, sendo evidente o efeito da água nas sementes em diferentes profundidades: aos 150 DAC, após a retirada da água, foram observados 77 e 61% de sementes germinadas para o primeiro e segundo anos, respectivamente (Tabela 2).

O tratamento sem preparo do solo foi o segundo com maior porcentagem de plântulas, aos 0 e 150 DAC (Figura 1D). Esse comportamento pode estar relacionado com a distribuição das sementes no perfil do solo: as sementes que estavam mais próximas da superfície

tiveram condições favoráveis para germinar. É importante destacar que, nesse tratamento, a redução da dormência foi significativamente maior nas sementes que se encontravam na superfície do solo.

A utilização de um manejo de solo com equipamentos que incorporam a palha a maiores profundidades (10-15 cm) reduz o efeito sobre as sementes dormentes e inviáveis de arroz-vermelho, pois nenhuma equação ajustou-se aos resultados obtidos (Figura 2A). Isso ocorre porque, quando a semente é incorporada a maiores profundidades, fica menos exposta a oscilações de umidade e temperatura, as quais poderiam inviabilizá-la ou acelerar sua germinação, tanto no tratamento em que foi realizada a incorporação logo após a colheita, como naquele em que a incorporação ocorreu em julho (Figura 2B), concordando com os resultados de Noldin et al. (2006). Quando se utilizou essa operação por duas vezes na entressafra, logo após a colheita e em julho (Figura 2C), obteve-se um nível de inviabilização das sementes de 22%. Isso ocorre porque, ao se submeter o solo a uma operação de gradagem, ocorre estímulo à entrada de oxigênio e modificação da temperatura do perfil do solo, afetando as sementes. Segundo Chung & Paek al. (2003), quando se mantém a semente de arroz-vermelho em temperatura oscilante de 10 a 20 °C durante os meses de inverno, 93% das sementes são estimuladas a germinar, porém, quando mantidas em temperatura constante de 15 °C, a porcentagem encontrada é inferior. Além disso, o revolvimento do solo proporciona maior difusão de gases essenciais para germinação, além de as sementes sofrerem estímulos luminosos nos seus fitocromos, enquanto as sementes velhas, que já haviam superado a dormência, recebem os estímulos necessários à germinação e passam de sementes dormentes a plântulas ou a sementes inviáveis. Já as sementes que foram submetidas apenas a um preparo de solo não recebem estímulo suficiente para germinar. O problema é que esse manejo realimenta continuamente o perfil com novas sementes de arroz-vermelho, impedindo o esgotamento do banco de sementes.

Quando se adotam implementos que incorporam a palha superficialmente (em torno de 3 cm), como é o caso do rolo-faca, o efeito sobre

Tabela 2 - Porcentagem de sementes dormentes, inviáveis e plântulas de arroz-vermelho na camada de solo de 0-10 cm de profundidade nos diferentes manejos pós-colheita aos 0, 120 e 150 dias após aplicação dos tratamentos, nos anos de 2009 e 2010. Santa Maria-RS, 2012

Tratamento	Dias após a aplicação dos tratamentos					
	2009			2010		
	0	120	150	0	120	150
Sementes dormentes de arroz-vermelho do banco de sementes 0 – 10 cm (%)						
Lâmina de água	61 ^{ns}	53 ^{ns}	11 b	59 ^{ns}	46 a*	25 ^{ns}
Preparo pós-colheita com solo seco	68	63	48 a	48	29 b	39
Preparo pós-colheita com solo alagado	61	56	41 a	56	29 b	34
Preparo solo seco em julho	50	57	43 a	46	39 ab	39
Preparo pós-colheita com solo alagado + preparo em julho com solo seco	59	62	37 a	55	37 ab	43
Preparo pós-colheita e em julho com solo seco	67	58	40 a	38	32 b	50
Sem preparo do solo	54	53	34 a	40	40 ab	38
CV(%)		25			39	
Sementes inviáveis de arroz-vermelho do banco de sementes 0 – 10 cm (%)						
Lâmina de água	36 ^{ns}	46 ^{ns}	11 b	40 ^{ns}	54 ab	13 b
Preparo pós-colheita com solo seco	31	35	47 a	41	70 a	59 a
Preparo pós-colheita com solo alagado	36	41	46 a	41	70 a	62 a
Preparo solo seco em julho	48	39	49 a	48	48 ab	51 a
Preparo pós-colheita com solo alagado + preparo em julho com solo seco	40	32	48 a	42	58 ab	52 a
Preparo pós-colheita e em julho com solo seco	32	40	55 a	56	61 ab	42 a
Sem preparo do solo	29	40	42 a	33	58 ab	55 a
CV(%)		27			27	
Plantas de arroz-vermelho do banco de sementes 0 – 10 cm (%)						
Lâmina de água	2,6 b	0,0 c	77 a	0,0 c	0,0 c	61,0 a
Preparo pós-colheita com solo seco	0,2 b	0,7 bc	4,8 c	9,7 b	0,7 bc	1,7 c
Preparo pós-colheita com solo alagado	3,1 b	2,7 abc	12,3 c	3,0 bc	0,0 c	2,5 c
Preparo solo seco em julho	1,5 b	3,1 abc	7,8 c	5,7 b	13,2 a	9,7 b
Preparo pós-colheita com solo alagado + preparo em julho com solo seco	0,6 b	5,2 ab	14,9 bc	2,7 bc	4,5 abc	4,5 bc
Preparo pós-colheita e em julho com solo seco	0,6 b	1,8 abc	5,4 c	5,0 b	6,7 ab	7,5 bc
Sem preparo do solo	16,9 a	6,9 a	23,8 b	27,0 a	1,2 bc	6,0 bc
CV(%)		47			32	

* Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey($P \leq 0,05$). ^{ns} Teste F não significativo ($p \leq 0,05$).

a fisiologia das sementes pode ser grande (Figura 3). Quando se realizou o preparo logo após a colheita (preparo após a colheita com solo alagado), houve comportamento quadrático na redução da dormência das sementes, tornando-as inviáveis a partir dos 120 DAC e estimulando o surgimento de plântulas (Figura 3A). Contudo, ao ser realizada uma operação com a grade adicionalmente a esse preparo, em julho (Figura 3B), o efeito de aeração do solo e estímulo à germinação

e/ou indução à inviabilização das sementes continuou a ser benéfico, porém em menor amplitude.

Em determinados cenários que apresentam elevada precipitação, convém adotar manejos do solo que permitam a incorporação superficial da palha com solo alagado, pois ele possibilita que as sementes sejam mantidas mais próximas da superfície, em um ambiente favorável à germinação e à superação da

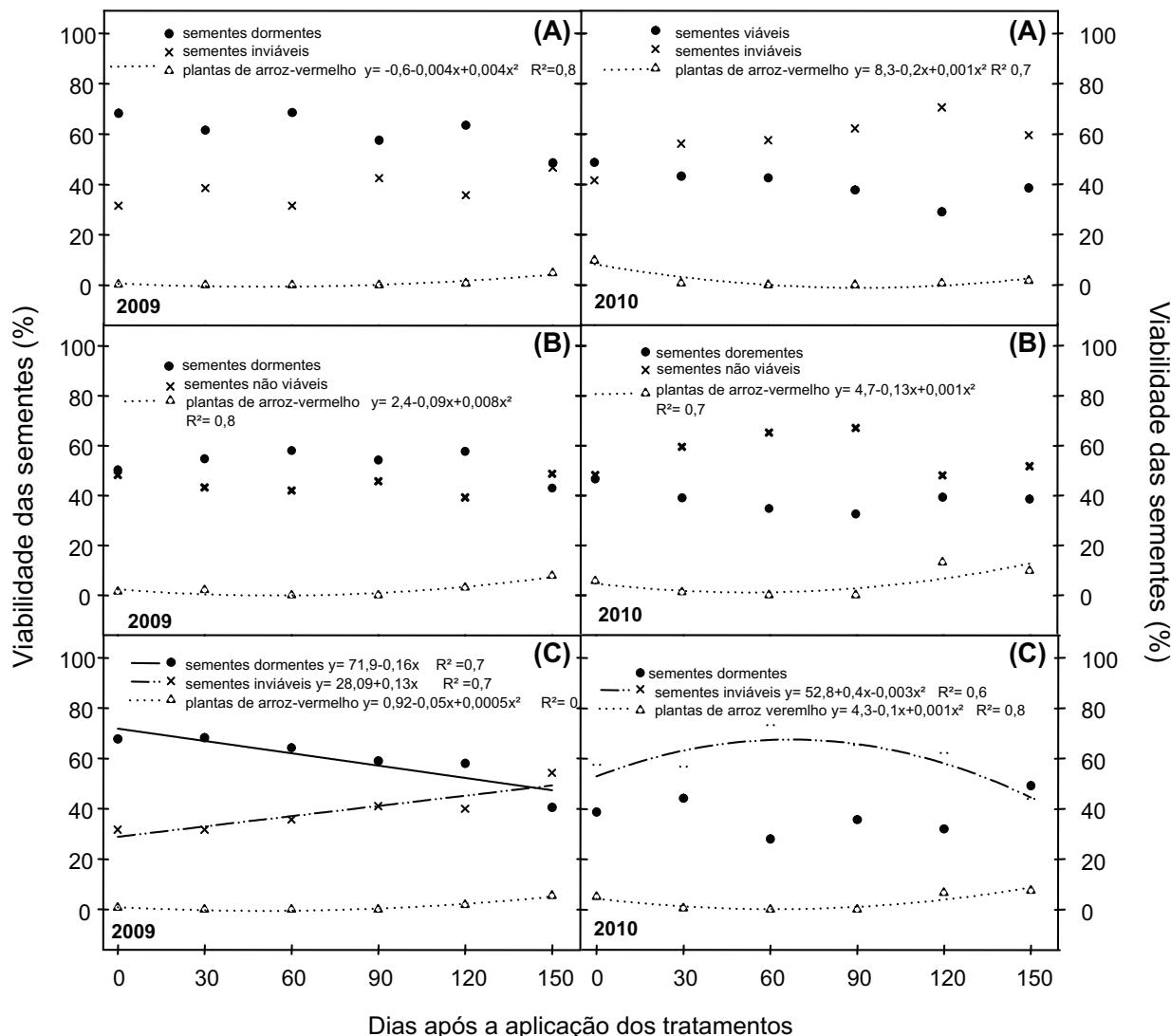


Figura 2 - Porcentagem de sementes dormentes, inviáveis e plantas de arroz-vermelho na camada de 0-10 cm de profundidade nos tratamentos com preparo de solo seco após a colheita (A), preparo em julho (B) e após a colheita e em julho com solo seco (C), nos anos de 2009 e 2010. Santa Maria-RS, 2012.

dormência, além de possibilitar operações mecanizadas para a semeadura do arroz no período preferencial.

O tratamento com permanência de lâmina de água foi o mais eficaz na redução da dormência das sementes (11%), porém é pequeno seu efeito sobre a inviabilização destas, na profundidade de 0-10 cm. Além disso, este tratamento diferiu dos demais apenas aos 150 DAC. Apesar de seus efeitos benéficos sobre as sementes de arroz-vermelho, é um tratamento inviável do ponto de vista ambiental.

A partir dos 120 dias após a aplicação dos tratamentos, os efeitos na redução da dormência, inviabilização das sementes e germinação começaram a ser mais efetivos. O preparo com o solo seco após a colheita e o preparo do solo seco em julho mantiveram a dormência e não apresentaram efeito na inviabilização das sementes.

O tratamento mais eficiente na redução do banco de sementes de arroz-vermelho foi o preparo após a colheita com solo alagado, pois ele atua na redução da dormência, aumento de sementes inviáveis e estímulo à

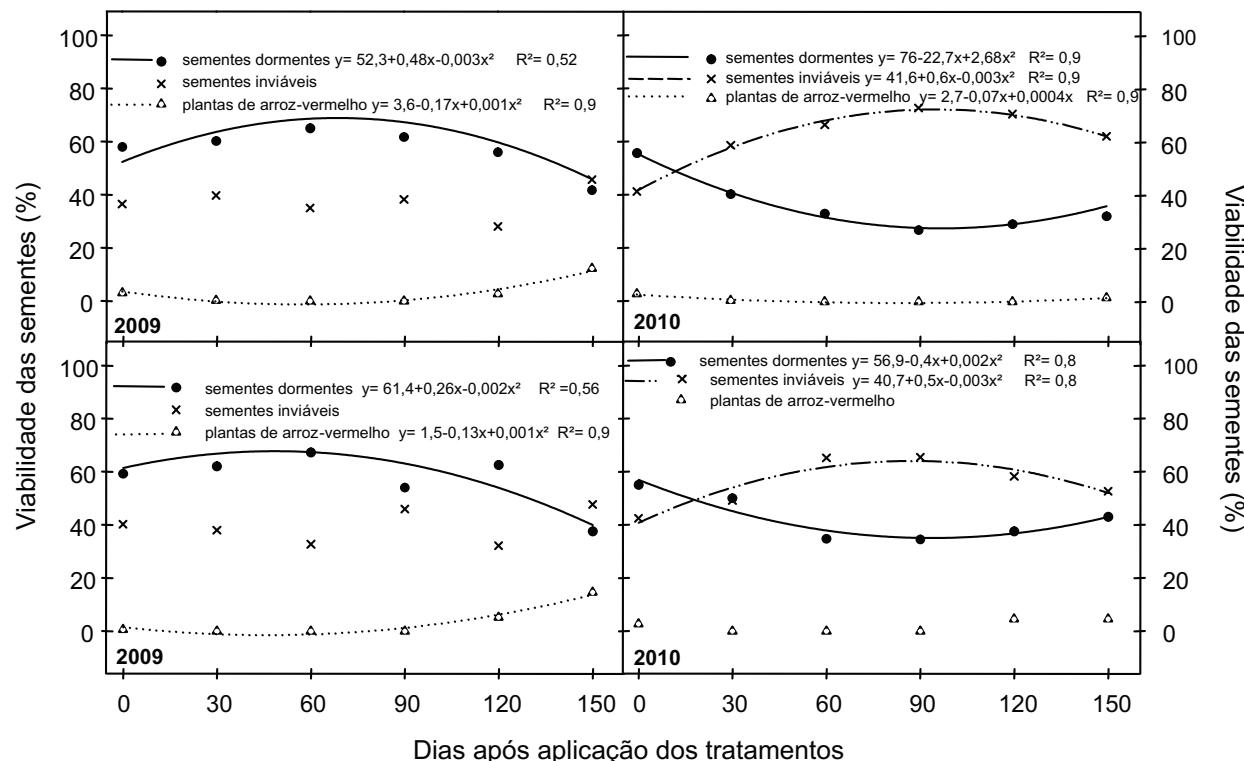


Figura 3 - Porcentagem de sementes dormentes, inviáveis e plantas de arroz-vermelho na camada de 0 – 10 cm de profundidade nos tratamentos com preparo após a colheita com solo alagado (A) e após a colheita com solo alagado e em julho com solo seco (B), nos anos de 2009 e 2010. Santa Maria-RS, 2012.

germinação, além de permitir o preparo antecipado da área.

LITERATURA CITADA

- BATLLA, D.; BENECH-ARNOLD, R. L. Predicting changes in dormancy level in weed seed soil banks: implications for weed management. **Crop Protec.**, v. 26, n. 1, p. 189-197, 2007.
- BIRD, J. A. et al. Long-term studies find benefits, challenges in alternative rice straw management. **Calif. Agric.**, v. 56, n. 2, p. 69-75, 2002.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: 2009. 399 p.
- CHUNG, N. J.; PAEK, N. C. Photoblastism and ecophysiology of seed germination in weedy rice. **Agron J.**, v. 95, n. 1, p. 184-190, 2003.
- FINCH-SAVAGE W.E.; LEUBNER-METZGER, G. Seed dormancy and the control of germination. **New Phytol.**, v. 171, n. 3, p. 501-523, 2006.
- FOGLIATTO, S. et al. Effects of winter flooding on weedy rice (*Oryza sativa* L.). **Crop Protec.**, v. 29, n. 11, p. 1232-1240, 2010.
- HALLETT, B. P.; BEWLEY, J. D. Membranes and seed dormancy: beyond the anesthetic hypothesis. **Seed Sci. Res.**, v. 12, n. 2, p. 69-82, 2002.
- LINDQUIST, J. L.; MAXWELL, B. D. The horizontal dispersal pattern of weed seed surrogates by farms machinery. **Weed Sci.**, v. 46, p. 108-109, 1991.
- MAGNESCHI, L.; PERATA, P. Review: rice germination and seedling growth in the absence of oxygen. **Ann. Bot.**, v. 103, n. 2, p. 181-196, 2009.
- MARCHEZAN, E. et al. Dinâmica do banco de sementes de arroz-vermelho afetado pelo pisoteio bovino e tempo de pouso da área. **Planta Daninha**, v. 21, n. 1, p. 55-62, 2003.
- NOLDIN, J. A. Desempenho de populações híbridas f2 de arroz-vermelho (*Oryza sativa*) com arroz transgênico (*O. sativa*) resistente ao herbicida amônio-glufosinate. **Planta Daninha**, v. 22, n. 3, p. 381-395, 2004.
- NOLDIN, J. A. Seed longevity of red rice ecotypes buried in soil. **Planta Daninha**, v. 24, n. 4, p. 611-620, 2006.

PESKE, S. T. et al. Sobrevivência de sementes de arroz-vermelho depositadas no solo. **R. Bras. Agroci.**, v. 3, n. 1, p. 17-22, 1997.

SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO – SOSBAI. **Arroz Irrigado:** recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil. In: REUNIÃO TÉCNICA DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 28., Bento Gonçalves, 2010. Porto Alegre: 2010. 188 p.

SCHWANKE, A. M. L. et al. Avaliação de germinação e dormência de ecótipos de arroz-vermelho. **Planta Daninha**, v. 26, n. 3, p. 497-505, 2008.

VIDOTTO, F.; FERRERO, A. Germination behavior of red rice (*Oryza sativa* L.) seeds in field and laboratory conditions. **Agronomie**, v. 20, n. 4, p. 375-382, 2000.