

MILHO (*Zea mays*) COMO ESPÉCIE BIOINDICADORA DA ATIVIDADE RESIDUAL DE (IMAZETHAPYR+IMAZAPIC)¹

Corn (Zea mays) as Bioindicator of the Residual Activity of (Imazethapyr+Imazapic)

PINTO, J.J.O.², NOLDIN, J.A.³, MACHADO, A.⁴, PINHO, C.F.⁵, ROSENTHAL, M.D.⁶, DONIDA, A.⁷, GALON, L.⁸ e DURIGAN, M.⁷

RESUMO - Este estudo teve como objetivo avaliar a atividade residual, no solo, do herbicida (imazethapyr+imazapic) aplicado na cultura de arroz irrigado, instalado pelo sistema Clearfield® e tendo como planta bioindicadora o milho, cv. Biomatrix 2202. Os trabalhos foram realizados em casa de vegetação da Universidade Federal de Pelotas, Capão do Leão-RS. O arroz, cv. IRGA 422 CL, foi semeado em caixas de polietileno (60 x 40 x 20 cm). Quando o arroz estava em estágio de 3 a 4 folhas, foram aplicados os tratamentos com o herbicida (imazethapyr+imazapic) a 0; 25+75; 37,5+112,5; e 50+150 g ha⁻¹, que corresponderam a 0, 100, 150 e 200 g ha⁻¹ no produto formulado. Após a colheita do arroz, o solo foi mantido sem irrigação por 45 dias, quando então foi semeada aveia-preta (*Avena strigosa*), colhida no início da primavera. Aos 360 e 540 dias após a aplicação dos tratamentos (DAA), foi transferido o solo das caixas de polietileno para dois conjuntos de vasos, onde foi semeado milho, os quais passaram respectivamente a ser identificados como experimentos safra (E1) e safrinha (E2). Nos primeiros 360 e 540 dias entre a aplicação dos herbicidas e a semeadura dos dois experimentos, o solo do E2 permaneceu sem irrigação. As plantas de milho foram colhidas, em estádios de 4 a 5 folhas. As variáveis avaliadas foram: massas secas dos sistemas radical e aéreo, altura de planta e índice de área foliar, sendo esta última avaliada somente no E2. Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância ($\leq 0,05$); havendo significância, eles foram testados por modelos de regressão polinomial. Foram observadas reduções significativas nas massas secas de raiz e parte aérea, altura de planta e área foliar do milho, cv. Biomatrix 2202, semeado até 540 DAA do herbicida (imazethapyr+imazapic) na cultura do arroz, demonstrando que o milho pode ser utilizado como indicador da atividade desse herbicida no solo.

Palavras-chave: arroz-vermelho, arroz Clearfield®, imidazolinonas, persistência no solo.

ABSTRACT - The objective of this study was to evaluate the residual soil activity of herbicide (imazethapyr+imazapic), labeled for the Clearfield (CL) system and using corn, cv. Biomatrix 2202, as a bioindicator. The study was carried out in a greenhouse, at the Universidade Federal de Pelotas, in southern Brazil. Rice, cv. IRGA 422 CL, was planted in boxes (60 x 40 x 20 cm). At the 3-4 leaf stage, the herbicide Only (imazethapyr+imazapic) was sprayed at 0; 25+75; 37.5+112.5 and 50+150 g ha⁻¹. After harvesting the rice, boxes were kept without flooding for 45 days. Black oat (*Avena strigosa*) was planted to keep the soil covered during the winter. In the spring, oat was harvested and 360 or 540 days after herbicide application (DAA), the soil from the boxes was transferred to two sets of pots labeled as experiment 1 (main corn crop) and experiment 2 (minor corn crop), respectively. The soil for experiment 2 was kept drained during the time period between seeding the two studies (360 to 540 DAA). Corn was planted in both studies and harvested at the 4-5 leaf stages. The variables evaluated were shoot and root biomass, plant height and leaf area index (for experiment 2). The data from both studies were analyzed using ANOVA (≤ 0.05), and tested as polynomial models, when significant. A significant reduction was observed in shoot and root biomass, plant height and leaf area index planted up to 540 days after (imazethapyr+imazapic) application to CL rice. Corn cv. Biomatrix 2202 showed to be a good bioindicator of soil residual activity for the herbicide (imazethapyr+imazapic) in the CL system.

Keywords: red rice, Clearfield® rice, imidazolinones, soil persistence.

¹ Recebido para publicação em 20.10.2008 e na forma revisada em 11.12.2009.

² Eng^a-Agr^a, Dr., Prof. da Faculdade de Agronomia, Universidade Federal de Pelotas – UFPel, campus Capão do Leão, Caixa Postal 354, 96010-900 Pelotas-RS, <jesuspinto@terra.com.br>; ³ Eng^a-Agr^a, Ph.D., Pesquisador, EPAGRI; ⁴ Professor, Dr., do Dep. de Matemática e Estatística, UFPel; ⁵ Eng^a-Agr^a, aluna do Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal, UFPel; ⁶ Eng^a-Agr^a, Dr^a, UFPel; ⁷ Aluno de Agronomia, FAEM/UFPel; ⁸ Eng^a-Agr^a, Dr., Prof. Faculdade da Amazônia – FAMA.



INTRODUÇÃO

O arroz-vermelho (*Oryza sativa*), entre as espécies consideradas daninhas, é uma das que causam maiores problemas à lavoura de arroz irrigado. É descrita como daninha desde o início do século passado, em relatos de ocorrência na África Central, Índia, China e no norte da Austrália (Roschevitz, 1931); desde essa época, é também uma das plantas daninhas mais preocupantes no Japão, nos Estados Unidos e também nas Américas Central e do Sul (Craigmiles, 1978). Nos últimos anos, há relatos sobre o incremento nas populações de arroz-vermelho também na Itália (Tichiatti et al., 1996) e Grécia (Eleftherohorinos et al., 2002).

A disseminação e evolução das infestações de arroz-vermelho são facilitadas por algumas características peculiares da espécie, como o emprego de sementes de culturas contaminadas, o degrane precoce (Vizzotto et al., 1994; Marchezan & Cirolini, 1996), aliado à dormência e longevidade de suas sementes (Goss & Brow, 1939; Noldin et al., 2006, 2007), que qualificam o banco de sementes como o principal empecilho para sua erradicação das áreas de arroz irrigado (Andres et al., 2001).

Até recentemente, o controle químico do arroz-vermelho nas lavouras de arroz comercial restringia-se a um número reduzido de práticas em razão da similaridade anatômica e fisiológica entre eles, uma vez que os herbicidas, até então, conhecidos e eficazes no controle dessa planta daninha não eram seletivos para os cultivares de arroz disponíveis no mercado (Tarditi & Vercesi, 1993; Ghesquière et al., 1995; Eleftherohorinos et al., 2002).

Com a obtenção por indução química de planta mutante, portadora de gene que confere tolerância do arroz a herbicidas do grupo químico das imidazolinonas (Croughan et al., 1996), e com a posterior transferência dessa característica para o cv. IRGA 417, obteve-se o primeira cultivar brasileiro de arroz com essas características, denominado de IRGA 422 CL. Esta nova tecnologia (Clearfield® CL) de produção de arroz foi proposta para controlar eficientemente várias plantas daninhas, principalmente arroz-vermelho e preto.

O uso continuado de herbicidas como mesmo ingrediente ativo ou de mesmo mecanismo de ação em determinada área é prejudicial ao manejo das espécies daninhas, pois pode resultar no desenvolvimento de resistência delas a esses produtos. Assim, além da utilização do sistema Clearfield®, também vem sendo empregada como técnica eficiente de controle a rotação do arroz irrigado com sorgo, milho ou soja, pois essas espécies requerem condições diferenciadas de manejo de água e solo e utilizam herbicidas diferentes dos aplicados no arroz – fatores que favorecem a redução da dominância de espécies concorrentes (Theisen et al., 2008).

Além do controle do arroz-vermelho, a rotação de culturas também contribui para o incremento da produtividade de grãos do arroz irrigado (Montealegre & Vargas, 1989; Pauletto et al., 1991) porque, em solos alagados, há formação de ácidos orgânicos, que são prejudiciais ao desenvolvimento do arroz (Takenaga, 1995; Sousa et al., 2002), enquanto a intercalação de culturas de sequeiro com cultivo de arroz facilita a modificação do ambiente que antes era propício para formação dessas substâncias. Além disso, a diversificação de culturas pode promover redução de populações de plantas daninhas dominantes, resultantes da monocultura. Montealegre & Vargas (1989) verificaram que o cultivo de arroz seguido de sorgo reduz sensivelmente a população de arroz-vermelho na área com o uso do herbicida atrazine. A redução da quantidade de sementes de arroz-vermelho no solo pela rotação de culturas também foi observada por Marchezan et al. (1995) e Avila (1999).

A partir da safra agrícola de 2003/04, somou-se o sistema Clearfield® às práticas convencionais de controle de arroz-vermelho com a utilização de um cultivar de arroz derivado de mutante com característica de resistência a herbicidas do grupo químico das imidazolinonas. Essa nova tecnologia representa uma nova e importante ferramenta para o manejo do arroz-vermelho nas lavouras irrigadas de arroz (Noldin et al., 2007).

Os estudos realizados com o objetivo de avaliar o comportamento no ambiente dos herbicidas do grupo químico das imidazolinonas têm revelado que esses compostos podem



apresentar efeito residual variável e prolongado (Grymes et al., 1985; Mangels, 1991; Hart et al., 1991; Walsh et al. 1993; Alister & Kogan, 2005; Sensemann, 2007).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a atividade residual da mistura formulada dos herbicidas (imazethapyr+imazapic) para a cultura do milho semeado em rotação com o arroz irrigado, conduzido pelo sistema Clearfield®.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em casa de vegetação da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM), da Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), por meio de experimentos em que se utiliza um sistema de sucessão e rotação, envolvendo as culturas de arroz irrigado, aveia-preta e milho. A primeira etapa teve início no mês de setembro de 2006, com a semeadura do arroz, cv. IRGA 422 CL, sistema Clearfield®, seguido da aplicação de quatro tratamentos herbicidas, no delineamento experimental de blocos casualizados com quatro repetições. As parcelas foram constituídas por caixas de polietileno (60 x 40 x 20 cm), cada uma contendo 48 dm³ de solo, peneirado, previamente coletado, até 10 cm de profundidade, em área de Planossolo Háplico Eutrófico solódico (Embrapa, 2006), cujas análises química e física do solo encontram-se na Tabela 1. Quando as plantas de arroz se encontravam em estágio fenológico de 3 a 4 folhas, foram aplicados 0, 100, 150 e 200 g ha⁻¹ da mistura herbicida, formulada com 75 g de imazethapyr e 25 g de imazapic, contida em cada litro de produto comercial. A aplicação dos tratamentos foi feita com pulverizador costal pressurizado a CO₂, com barra e dois bicos leque (110.02), proporcionando a aplicação de 150 L ha⁻¹ de calda.

A partir do sétimo dia após a aplicação dos tratamentos (DAA), as parcelas foram mantidas com lâmina d'água de 4,0 cm, aproximadamente, até a maturação do arroz. Após a colheita, o solo não foi irrigado por um período de 45 dias, época do início da execução da segunda etapa, quando foi semeada aveia-preta (*Avena strigosa*), em densidade de 300 sementes m². Quando as plantas de aveia estavam em estágio de 2 e 3 filhotes, foi realizada a sua colheita; após esse procedimento, o solo foi mantido sem irrigação até o início da última etapa, que foi constituída pela instalação, no mesmo substrato, em sequência de dois experimentos com a cultura do milho. No primeiro, o milho foi semeado na época correspondente à "safra" - experimento 1 (E1); e no segundo, na época correspondente à "safrinha" - experimento 2 (E2).

A instalação do E1 ocorreu em setembro de 2007, a partir da retirada de cada caixa de dois blocos cilíndricos de solo, com 150 mm de diâmetro e 176 mm de altura (profundidade) e acondicionados separadamente, com perfil normal e invertido, em vasos com capacidade de 26,40 cm³. Este experimento foi constituído de 32 unidades de observação, distribuídas em blocos ao acaso (fatorial 4 x 2), representando o fator A as quatro doses do herbicida e o fator B, as duas posições opostas de perfil de solo. Foram semeadas sete sementes e selecionadas cinco plantas por vaso de milho (*Zea mays*), cultivar Biomatrix (BM 2202), como espécie bioindicadora da presença de resíduos dos herbicidas (imazethapyr+imazapic).

O experimento foi colhido aos 35 dias após a emergência das plantas de milho, quando no tratamento testemunha as plantas se encontravam em estágio de 4 a 5 folhas.

O E2 foi instalado em fevereiro de 2008, semeando-se o milho na época "safrinha",

Tabela 1 - Diagnóstico para calagem do solo

Registro	pH (H ₂ O)	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC efetiva	Saturação (%)		Índice SMP
		(cmol _c dm ⁻³)					Al	Bases	
Amostra	5,0	1,8	0,7	1,0	3,0	3,6	29	46	6,3



quando então foram retiradas porções de solo das bandejas onde, anteriormente, havia arroz Clearfield®, sendo estas acondicionadas em quatro vasos com capacidade de 26,40 cm³. Neste último experimento foi excluído o fator perfil do solo e mantido o resíduo das quatro doses de (imazethapyr+imazapic), distribuídas em 64 unidades de observação. Foram semeadas, por vaso, 14 sementes de milho, cultivar Biomatrix (BM 2202), cuja população foi corrigida, aos cinco dias após a emergência (DAE), para sete plantas por unidade experimental. O experimento foi colhido quando as plantas de milho, no tratamento testemunha, encontravam-se em estágio de 4 a 5 folhas.

Nos dois experimentos (E1 e E2) foram avaliadas a altura de plantas e as massas secas dos sistemas radical e aéreo, exceto a leitura do índice de área foliar, que foi realizada somente no E2. Para obtenção da variável-resposta altura de plantas, as medidas foram tomadas em centímetros, com auxílio de uma régua graduada, considerando-se o segmento entre o colo da planta e o ápice da folha mais jovem. Em seguida, as sete plantas foram retiradas dos vasos e transportadas para uma peneira com malha de 2 mm; com auxílio de uma mangueira plástica, ajustou-se um jato d'água adequado para se efetuar a separação de solo e raiz.

As partes vegetais (aérea e raiz) foram colocadas separadamente em sacos de papel encerado e armazenadas em caixa térmica com gelo seco, para serem imediatamente transportadas para o laboratório do Centro de

Estudos em Herbologia - CEHERB (UFPEL/FAEM), onde foi realizada a leitura da área foliar, com o auxílio do aparelho LI-3100 Area Meter. Posteriormente, as partes vegetais foram levadas para estufa elétrica, com circulação de ar e temperatura de 50 °C, para determinação da massa seca, no momento em que se observou que o peso se mantinha constante.

Os dados gerados nos dois experimentos foram submetidos à análise da variância ($p \geq 0,05$); havendo significância, eles foram testados por modelos de regressão polinomial (Machado & Conceição, 2007).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos dados (Tabelas 2 e 3), gerados no E1, não indicou interação entre os fatores dose e a localização do herbicida no perfil do solo. Entretanto, foram identificadas diferenças significativas na atividade residual herbicida entre as doses de (imazethapyr+imazapic) em todas as variáveis estudadas nos experimentos E1 e E2. Os resultados relativos à altura de plantas obtidos no E1 (Figura 1A) e E2 (Figura 1B) encontram-se representados por equações lineares acompanhadas dos respectivos coeficientes de determinação (0,99 e 0,98), demonstrando que os dados obtidos ajustam-se ao modelo utilizado.

A altura de plantas, comparativamente ao tratamento testemunha, foi reduzida significativamente (Tabelas 5 e 6) nos dois experimentos em quaisquer dos substratos com resíduos das doses testadas. No E1, as doses

Tabela 2 - Diagnóstico para recomendação de adubação NPK

Registro	% Mat. Org. m/v	% Argila	Textura	P-Mehlich (mg dm ⁻³)	P-Resina	CTC pH 7 (cmolc dm ⁻³)	K (mg dm ⁻³)
Amostra	1,2	16	4,0	11,4	---	5,5	17

Tabela 3 - Diagnóstico para S, micronutrientes e relações molares

Registro	S	Cu	Zn	B	Fe	Mn	Na	Relação			
	(mg dm ⁻³)							Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	K/(Ca+Mg)
Amostra	---	0,9	1,0	---	13	17	17	2,5	43,6	17,8	0,027

de 100 e 200 g ha⁻¹ de (imazethapyr+imazapic) reduziram, respectivamente, a altura de planta em 31 e 62%, enquanto no E2, sob as mesmas doses, as reduções foram de 28 e 56%, respectivamente.

Os resultados também demonstraram que aumentos na dose determinaram maior atividade fitotóxica do (imazethapyr+imazapic) presentes no solo até 540 dias após a sua aplicação. Além disso, a perda de atividade herbicida no período de 180 dias foi somente de 3 e 5% no E1 e E2, respectivamente, para os residuais das doses de 100 e 200 g ha⁻¹ do herbicida (imazethapyr+imazapic) (Figura 1), indicando assim uma baixa perda de atividade herbicida durante o período.

Tabela 4 - Análise granulométrica das amostras

Registro	Granulometria (%)			
	Argila	Silte	Areia	Argila dispersa em água
Amostra	15,4	41,4	43,2	9,6

O indicativo de permanência no solo do herbicida (imazethapyr+imazapic) por meio de análise da variável da altura do milho, encontrado neste trabalho, corrobora os estudos de Barnes et al. (1989), quando relataram que a altura de plantas em espécies sensíveis é boa indicadora da atividade residual do herbicida imazethapyr. Silva et al. (1999) também observaram redução no porte das plantas de sorgo e milho semeados em sucessão à soja. Os decréscimos na altura foram mais evidentes nos substratos que mantinham resíduos de doses mais elevadas.

Os resultados relativos à massa seca do sistema aéreo (colmo e folhas), de plantas de milho, obtidos nos experimentos E1 e E2 são encontrados respectivamente na Figura 2A e 2B, representados por segmentos de retas das equações que os originaram, acompanhadas dos coeficientes de determinação, que mostram a adequação dos dados ao modelo utilizado.

Em ambos os experimentos, as produtividades de massa seca (Figura 2) responderam na razão inversa e proporcional ao resíduo no solo, fruto da aplicação do herbicida

Tabela 5 - Resumo das análises estatísticas – experimento 1

Fonte	GL	Altura de plantas	Massa seca aérea	Massa seca da raiz
p DOSE	3	0*	1,16x10 ⁻⁹ *	4,88x10 ⁻⁶ *
p PERFIL	1	0,4837	0,6714	0,4032
p DOSE x PERFIL	3	0,4547	0,2426	0,6615
p Linear	1	2,231x10 ⁻¹² **	8,615x10 ⁻¹¹ **	3,523x10 ⁻⁷ **
p Quadrática	1	0,7213	0,02951	0,6836
p Cúbica	1	0,1963	0,5686	0,3277
CV (%)	--	13,96	26,01	52,43

* Valor significativo a 5% de probabilidade; ** valor significativo a 5% de probabilidade, para o fator dose.

Tabela 6 - Resumo das análises estatísticas – experimento 2

Fonte	GL	Altura de plantas	Massa seca aérea	Massa seca da raiz	Área foliar
p DOSE	3	1,072x10 ⁻⁵ *	0,0006747*	0,0001195*	9,729x10 ⁻⁵ *
p Linear	1	1,256x10 ⁻⁶ *	8,946x10 ⁻⁵ *	1,461x10 ⁻⁵ *	1,155x10 ⁻⁵ *
p Quadrática	1	0,9253	0,9407	0,2477	0,4605
p Cúbica	1	0,1071	0,2307	0,5648	0,3595
CV (%)	--	10,83	25,58	23,10	20,59

* Valor significativo a 5% de probabilidade.



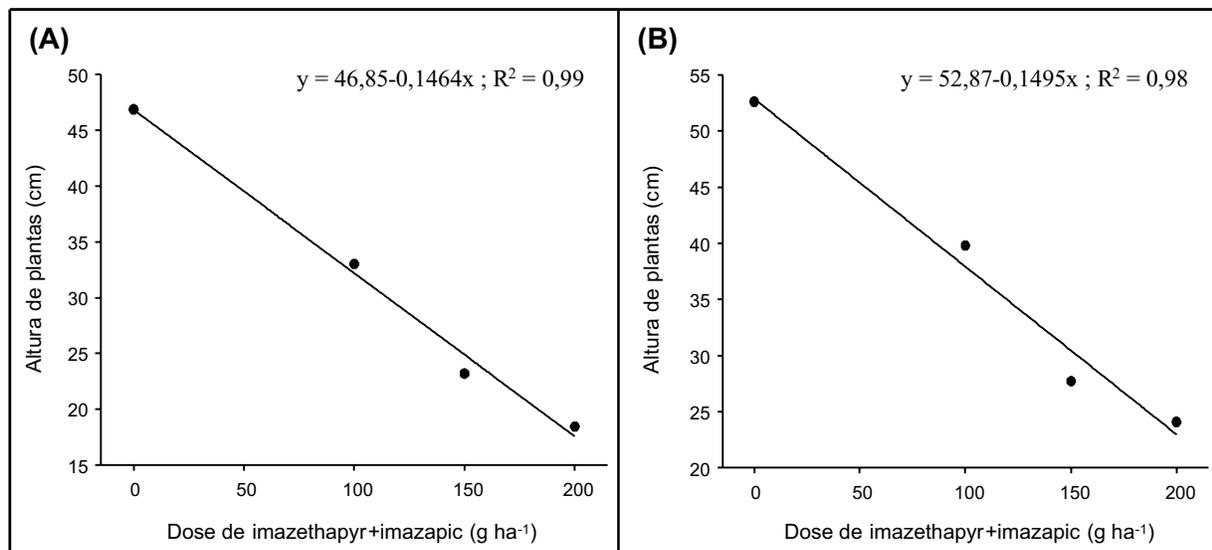


Figura 1 - Efeito da atividade residual de doses da mistura formulada com os herbicidas (imazethapyr+imazapic) na altura de plantas do milho semeado em rotação com o arroz Clearfield® na safra (A) e na safrinha (B). UFPel, Capão do Leão-RS, 2007.

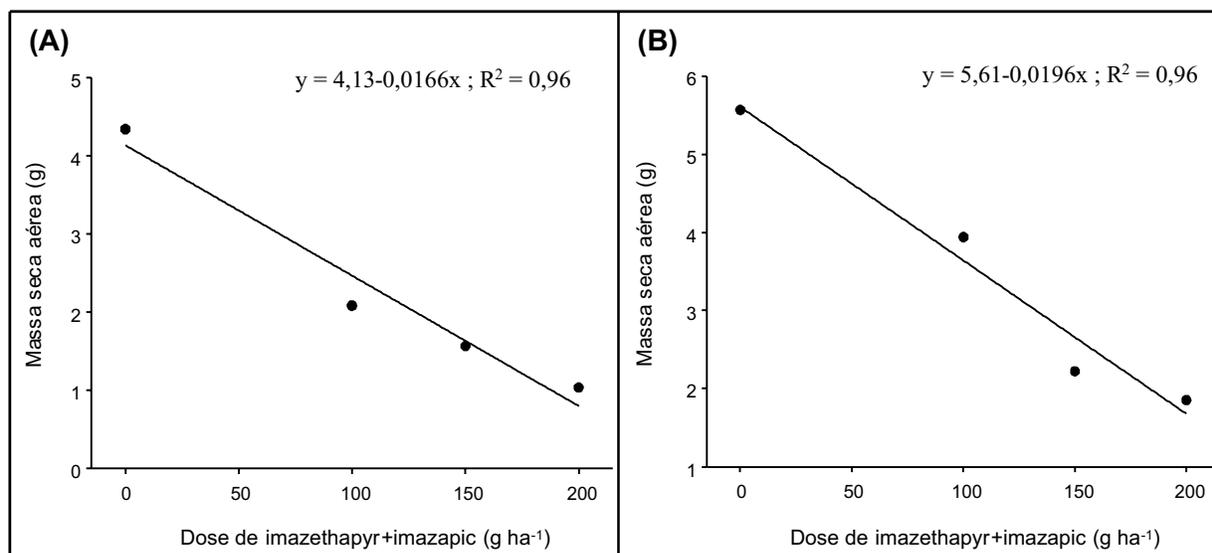


Figura 2 - Efeito da atividade residual de doses da mistura formulada com os herbicidas (imazethapyr+imazapic) na massa seca aérea do milho semeado em rotação com o arroz Clearfield® na safra (A) e na safrinha (B). UFPel, Capão do Leão-RS, 2007.

(imazethapyr+imazapic) na cultura do arroz. No E1, as produtividades de massa seca do sistema aéreo do milho sofreram reduções de 40 e 80%, respectivamente, nos substratos que continham resíduos das aplicações de 100 e 200 g ha⁻¹ de (imazethapyr+imazapic), enquanto no E2 essas doses provocaram reduções de 35 e 70%, respectivamente.

A massa seca do sistema aéreo teve comportamento similar ao da altura de plantas, indicando também prolongada permanência, com atividade no solo, do herbicida (imazethapyr+imazapic). Reduções na massa seca das plantas de milho semeado em substratos contendo resíduos de imazaquin e imazethapyr também foram observadas por

Gazziero et al. (1997). Os resultados encontrados neste trabalho confirmam a presença de atividade residual dos compostos do grupo das imidazolinonas para culturas sensíveis, semeadas em sucessão de culturas tratadas com herbicidas desse grupo químico. Esses autores recomendaram um intervalo de 90 a 120 dias entre as aplicações de imazaquin ou imazethapyr para a semeadura do milho. Todavia, os resultados encontrados neste trabalho detectaram expressiva ação residual de (imazethapyr+imazapic) sobre o milho semeado após um intervalo de 540 dias da aplicação da mistura desses compostos.

O herbicida (imazethapyr+imazapic), aplicado à cultura do arroz, persistiu no solo em quantidade suficiente para afetar negativamente o crescimento e desenvolvimento da área foliar do milho semeado aos 540 dias após a aplicação desses compostos. Os resultados demonstram que essa variável também respondeu de forma linear à ação residual do herbicida (Figura 3). Cada 100 g de herbicida, aplicado ao solo, correspondeu a uma atividade residual suficiente para reduzir aproximadamente em 390 cm² a área foliar das sete plantas de milho, em estágio fenológico de três para quatro folhas. A redução de 36% na área foliar do milho causada por ação residual, após 540 dias da aplicação de (imazethapyr+imazapic) a 100 g ha⁻¹, serviu para confirmar

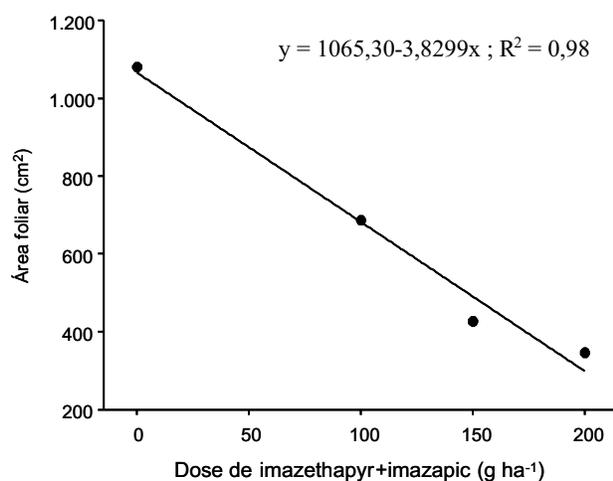


Figura 3 - Efeito da atividade residual de doses da mistura formulada com os herbicidas (imazethapyr+imazapic) na área foliar do milho safrinha semeado em rotação com o arroz Clearfield®. UFPel, Capão do Leão-RS, 2007.

a sensibilidade do milho como espécie bioindicadora de resíduos de compostos químicos do grupo das imidazolinonas e a elevada persistência no solo dessa mistura herbicida. Maior redução de área foliar também foi observada por Fleck & Vidal (1994) em plantas de girassol submetidas à atividade no solo de 15 e 10 g ha⁻¹ de imazaquin e imazethapyr, respectivamente.

A massa seca de raiz foi reduzida significativamente nos dois experimentos (Figura 4). Os resultados demonstram que o sistema radical do milho sofreu redução na massa seca de 45 e 90% para plantas que cresceram nos substratos que receberam, respectivamente, doses de 100 e 200 g ha⁻¹ de (imazethapyr+imazapic), ao passo que no E2 os resíduos advindos das aplicações dessas doses também reduziram, respectivamente, em 38 e 76% a produção de massa seca das raízes.

A massa seca de raiz é uma variável que tem se mostrado adequada para avaliar a sensibilidade de plantas não tolerantes a herbicidas do grupo químico das imidazolinonas. Os resultados encontrados para essa variável corroboram aqueles reportados por Silva et al. (1999), quando observaram que 100 g ha⁻¹ de imazethapyr, aplicados à cultura da soja, provocaram inibição de aproximadamente 20% na massa de raízes do sorgo semeado aos 90 DAA, sugerindo que o sistema radical dessa planta reflete muito bem a sensibilidade da espécie a esse herbicida. Silva et al. (1998) observaram que resíduos de imazaquin no solo prejudicavam mais o crescimento do sistema radical do que a parte aérea de plantas de milho cultivadas após a soja. A inibição do sistema radical de plantas também foi relatada por Shaw & Wixson (1991), com origem em estudos realizados em casa de vegetação, onde observaram que 13 g ha⁻¹ de imazapic foram suficientes para reduzir o peso fresco e seco das raízes do milho e sorgo.

Sumarizando os resultados encontrados nos dois experimentos, verifica-se que as variáveis estudadas evidenciam a persistência de (imazethapyr+imazapic) no solo, cujos níveis de resíduo foram em função da dose aplicada e do período decorrido entre a aplicação e a semeadura do milho. Os resultados também mostram que a perda de atividade de (imazethapyr+imazapic) foi relativamente



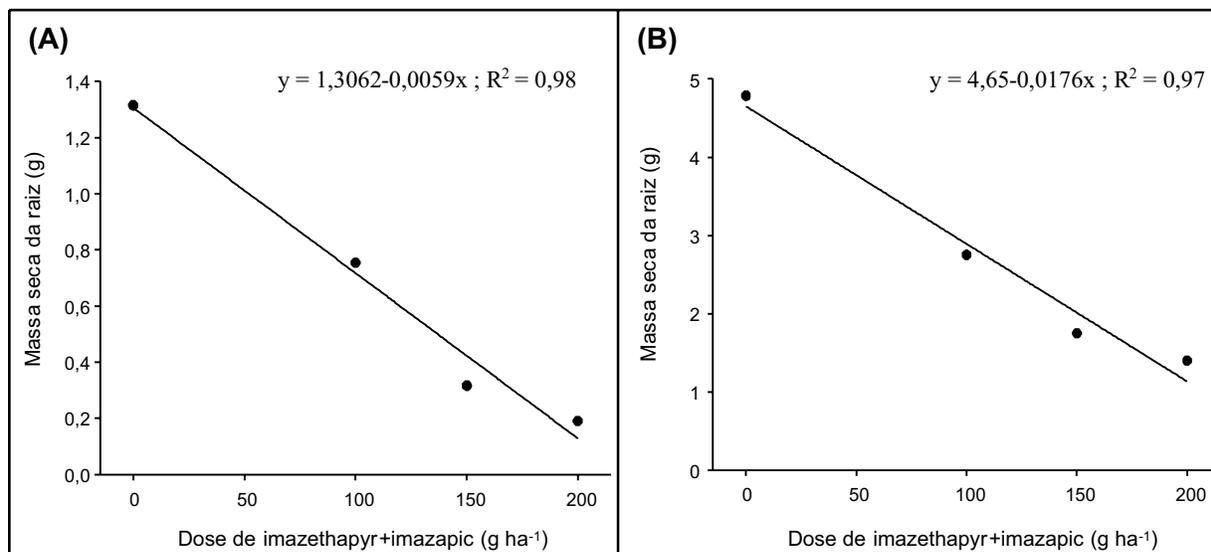


Figura 4 - Efeito da atividade residual de doses da mistura formulada com os herbicidas (imazethapyr+imazapic) na massa seca das raízes do milho semeado em rotação com o arroz Clearfield® na safra (A) e na safrinha (B). UFPel, Capão do Leão-RS, 2007.

pequena entre os 360 e 540 dias após a aplicação dos tratamentos herbicidas. Comparando os resultados obtidos entre os dois experimentos, verifica-se que a altura de planta foi a variável que apresentou menor redução, ao passo que a massa seca de raiz e área foliar foram as mais afetadas pela atividade residual do herbicida (imazethapyr+imazapic). O grau de sensibilidade do milho para atividade desse herbicida no solo ficou assim identificado: massa seca de raiz \geq área foliar > massa seca da parte aérea > altura de plantas, desconsiderando-se a área foliar somente para o E1, no qual a variável não foi avaliada.

O milho (*Zea mays*) comporta-se como espécie sensível à mistura formulada de (imazethapyr+imazapic), podendo ser utilizada como planta bioindicadora para detectar a permanência de atividade herbicida desses compostos no solo.

A mistura de imazethapyr (75 g L⁻¹) + imazapic (25 g L⁻¹) no herbicida comercial Only®, aplicado na dose de 1,0 L ha⁻¹, em pós-emergência do arroz irrigado, permanece ativa no solo em quantidade suficiente para afetar negativamente o crescimento e desenvolvimento de plantas de milho semeado em rotação, até 540 DAA.

O milho, cv. BM 2202, semeado em casa de vegetação até 540 dias após a

aplicação da mistura comercial dos herbicidas (imazethapyr+imazapic), é afetado negativamente nas produções de matéria seca de raiz, matéria seca do sistema aéreo, altura de plantas e área foliar.

LITERATURA CITADA

ALISTER, C.; KOGAN, M. Efficacy of imidazolinone herbicides applied to imidazolinone-resistant maize and their carryover effect on rotational crops. **Crop Protec.**, v. 24, n. 4, p. 375-379, 2005.

ANDRES, A. et al. Rotação de culturas e pousio do solo na redução do banco de sementes de arroz vermelho em solos de várzea. **R. Bras. Agric.**, v. 7, n. 2, p. 85-88, 2001.

AVILA, L. A. **Evolução do banco de sementes e controle do arroz vermelho (*Oryza sativa* L.) em diferentes sistemas de manejo do solo de várzea.** 1999. 89 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1999.

BARNES C. J.; GOETZ, A. J.; LAVY, T. L. Effects of imazaquin residues on cotton (*Gossypium hirsutum*). **Weed Sci.**, v. 37, n. 6, p. 820-824, 1989.

CRAIGMILES, J. P. Red rice: research and control. In: SYMPOSIUM HELD AT TEXAS A&M UNIVERSITY AGRICULTURAL RESEARCH AND EXTENSION CENTER AT BEAUMONT, 1978, Beaumont. **Proceedings...** Beaumont, Texas A&M University, 1978. p. 5-6.

- CROUGHAN, T. P. et al. Herbicide-resistant rice offers potential solution to red rice problem. **Louisiana Agric.**, v. 39, n. 4, p. 10-12, 1996.
- ELEFTHEROHORINOS, I. G.; DHIMA, K. V.; VASILAKOGLU, I. B. Interference of red rice in rice grown in Greece. **Weed Sci.**, v. 50, n. 2, p. 167-172, 2002.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.
- FLECK, N. G.; VIDAL, R. A. Injúria potencial de herbicidas de solo ao girassol. III: imazaquin e imazethapyr. **Planta Daninha**, v. 12, n. 1, p. 39-43, 1994.
- GAZZIERO, D. L. P. et al. Persistência dos herbicidas imazaquin e imazethapyr no solo e os efeitos sobre plantas de milho e pepino. **Planta Daninha**, v. 15, n. 2, p. 162-169, 1997.
- GOSS, W. L.; BROW, E. Buried red rice seed. **J. Am. Soc. Agron.**, v. 31, n. 7, p. 633-637, 1939.
- GRYMES, C.; CHANDLER, J.; NESTER, P. Response of soybean (*Glycine max*) and rice (*Oryza sativa*) in rotational to AC 263, 222. **Weed Technol.**, v. 9, n. 3, p. 504-511, 1995.
- GUESQUIÈRE, A. et al. Un riz adventice. In: ITCF. (Ed.) **Riz. Du déboché á la culture**. Paris: ITCF et Perspectives Agricoles, 1995. p. 41-44.
- HART, R.; LIGNOWSKI, E.; TAYLOR, R. Imazethapyr herbicide. In: SHANER, D. L.; CONNOR, S. L. (Eds.). **The imidazolinone herbicides**. Boca Raton: CRC Press, 1991. p. 247-256.
- MACHADO, A. A.; CONCEIÇÃO, A. R. **Sistema de Análise Estatística para Windows – WINSTAT** (versão 1.0). Pelotas: Núcleo de Informação Aplicada - Universidade Federal de Pelotas, 2007.
- MANGELS, G. Behavior of the imidazolinone herbicides in the aquatic environment. In: SHANER, D. L.; CONNOR, S. L. (Eds.). **The imidazolinone herbicides**. Boca Raton: CRC Press, 1991. p. 183-190.
- MARCHEZAN, E.; CIROLINI, F. Potencial de reinfestação do arroz vermelho. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE ARROZ PARA A AMÉRICA LATINA E O CARIBE 19.; REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 5., Goiânia, GO, Brasil, 1996. **Arroz na América Latina: perspectivas para o incremento da produção e do potencial produtivo**. Goiânia: Embrapa/CNPAF, 1996. 198 p.
- MARCHEZAN, E. et al. Sistemas de preparo do solo e rotação de culturas no controle de arroz vermelho em várzea. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 21., 1995, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: IRGA, 1995. p. 151-153.
- MONTEALEGRE, F.; VARGAS, J. P. Efecto de algunas practicas culturales sobre la población de arroz rojo y los rendimientos del arroz comercial. **Arroz**, v. 38, n. 359, p. 19-14, 1989.
- NOLDIN, J. A. et al. 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.; CHANDLER, J. M.; McCAULEY, G. N. Seed longevity of red rice ecotypes buried in soil. **Planta Daninha**, v. 24, n. 4, p. 611-620, 2006.
- NOLDIN, J. A.; EBERRHARDT, D. S.; SCHIOCCHET, M. A. Nova tecnologia para o controle de arroz-vermelho: o sistema Clearfield® de produção de arroz irrigado, sistema pré-germinado. **Agropec. Catarinense**, v. 20, n. 2, p. 54-57, 2007.
- PAULETTO, E. A. et al. Produtividade do arroz irrigado em sistema de cultivo mínimo e em rotação com soja e milho. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 1991, Balneário de Camboriú. **Anais...** Itajaí: Empasc, 1991. p. 125-129.
- ROSCHEVICZ, R. J. A contribution to the knowledge of rice. **Appl. Bot. Genet. Plant Breed**, v. 27, n. 4, p. 1-133, 1931.
- SENSEMANN, S. A. **Herbicide handbook**. 9.ed. Lawrence: WSSA, 2007. 458 p.
- SILVA, A. A.; OLIVEIRA JR., R. S.; CASTRO FILHO, J. E. Avaliação da atividade residual no solo de imazaquin e trifluralin através de bioensaios com milho. **Acta Sci.**, v. 20, n. 3, p. 291-295, 1998.
- SILVA, A. A. et al. Efeito residual no solo dos herbicidas imazamox e imazethapyr para as culturas de milho e sorgo. **Planta Daninha**, v. 17, n. 3, p. 345-354, 1999.
- SHAW, D.; WIXSON, M. Postemergence combinations of imazaquin of imazethapyr with AC 263, 222 for weed control in soybean (*Glycine max*). **Weed Sci.**, v. 39, n. 4, p. 644-649, 1991.
- SOUSA, R. O.; PERALBA, M. C. R.; MEURER, E. J. Short caain organic, acid dynamics in solution of flooded soil treated with rieggrass residues. **Comm. Soil Sci. Plant Anal.**, v. 33, n. 5-6, p. 779-78, 2002.



TAKENAGA, H. Nutrient absorption in relation to environmental factors. In: MATSUO, T.; KUZAWA, K.; ISHII, R. et al. **Science of the rice plant**. Tokyo: Physiology, Food and Agricultural Policy Research Center, 1995. v. 2. 1244 p.

TARDITI, N.; VERCESI, B. Il riso crodo: un problema sempre più attuale in risicoltura. **L'Infor. Agr.**, v. 11, p. 91-95, 1993.

THEISEN, G.; ANDRES, A.; PORTO, M. P. Eficiência técnica e econômica do manejo químico de infestantes gramíneas em milho cultivado sob pivô central em terras baixas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DE PLANTAS DANINHAS, 26., CONGRESO DE LA ASOCIACIÓN LATINO-AMERICANA DE MALEZAS, 18., 2008, Ouro Preto. **Anais...** Ouro Preto: 2008. CD-ROM.

TICHIATTI, V. et al. Red rice (*Oryza sativa*) control in Italian paddy rice. In: INTERNATIONAL WEED CONTROL CONGRESS, 2., Copenhagen, 1996. **Proceedings...** Copenhagen: 1996. p. 1053-1058.

VIZZOTTO, V. R. et al. Potencial de reinfestação de arroz vermelho. In: JORNADA INTEGRADA DE PESQUISA EXTENSÃO E ENSINO, 1., 1994, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 1994. 525 p.

WALSH, J. D.; DEFELICE, M. D.; SIMS, B. D. Soybean (*Glycine max*) herbicide carryover to grain and fiber crops. **Weed Technol.**, v. 7, n. 3, p. 625-632, 1993.

