Sensibilidade de arroz-daninho oriundo de rebrote a imazapyr + imazapic

Sensibility of weedy rice originated of regrowth to imazapyr + imazapic

Mayra L. Schelter^{a*}, Gabriela Hoffmann^b, Diogo L. Fruet^a, Rodrigo M. de S. Camargo^a, Naiara Guerra^c, Antonio M. de Oliveira Neto^a

^a Departamento de Agronomia, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, SC, Brasil. ^b Departamento de Agronomia, Instituto Federal Catarinense, Rio do Sul, SC, Brasil. ^c Departamento de Agronomia, Universidade Federal de Santa Catarina, Curitiba, SC, Brasil.

Resumo: Introdução: O cultivo da soca do arroz é uma técnica na qual a rebrota é cultivada após a colheita, com objetivo de realizar duas safras sucessivas na mesma área. Essa prática tem o intuito de melhorar a produtividade e a rentabilidade do cultivo do arroz. Entretanto, este modelo agrava os problemas fitossanitários, tornando o controle de plantas daninhas mais complexo.

Objetivo: Avaliar a eficiência da mistura formulada de imazapyr + imazapic no controle de arroz-daninho oriundo de rebrote, simulando as condições de cultivo da soca de arroz.

Métodos: O experimento foi conduzido em casa de vegetação, em delineamento inteiramente casualizado com tratamentos dispostos em esquema fatorial 4 x 3. O primeiro fator correspondeu aos genótipos simuladores de arroz-daninho (SCSBRs Tio Taka; SCS116 Satoru, SCS121 CL, SCS122 Miura) e o segundo fator as doses de imazapyr + imazapic (0,0; 73,5 + 24,5 e 147 + 49 g ha⁻¹ de i.a.). Avaliou-se a eficiência de controle aos 7, 14 e 28 dias após a aplicação, além da altura de plantas, número médio de folhas por perfilho e massa seca da parte aérea.

Resultados: O controle do rebrote de arroz-daninho com imazapyr + imazapic não foi satisfatório em nenhum período de avaliação, sendo inferior a 42%. Contudo, a mistura formulada de imazapyr + imazapic suprimiu o crescimento dos genótipos SCSBRs Tio Taka, SCS116 Satoru e SCS122 Miura, independentemente da dose.

Conclusão: A aplicação de imazapyr + imazapic não foi eficiente no controle de rebrote de arroz-daninho.

Palavras-chave: cultivo de soca, imidazolinonas, *Oryza sativa*, sistema pré-germinado.

Abstract: Introduction: Cultivation of rice ratoon is a technique in which regrowth is cultivated after harvest, with the objective of carrying out two successive harvests in the same area. This practice is intended to improve the productivity and profitability of rice cultivation. However, this model aggravates phytosanitary problems, making weed control more complex.

Objective: To evaluate the efficiency of the formulated mixture of imazapyr + imazapic without regrowth weed control, simulating the rice society's growing conditions.

Methods: The experiment was carried out in a greenhouse, in a completely randomized design with treatments arranged in a 4 x 3 factorial scheme. The first factor corresponded to the simulant weed rice genotypes (SCSBRs Tio Taka; SCS116 Satoru, SCS121 CL, SCS122 Miura) and the second factor as doses of imazapyr + imazapic (0.0; 73.5 + 24.5 and 147 + 49 g ha⁻¹ of ai). Record the control efficiency at 7, 14 and 28 days after application, in addition to plant height, average number of leaves per tiller and shoot dry mass.

Results: The control of weed rice regrowth with imazapyr + imazapic was not satisfactory in any evaluation period, being less than 42%. However, a formulated mixture of imazapyr + imazapic suppresses the growth of SCSBRs Tio Taka, SCS116 Satoru and SCS122 Miura genotypes, regardless of dose.

Conclusion: The application of imazapyr + imazapic was not efficient in controlling weed rice regrowth.

Keywords: cultivation of sock, imidazolinones, *Oryza sativa*, pre-germinated system.

Journal Information:

ISSN: 2763-8332

Website: <https://www.weedcontroljournal.org/>

Jornal da Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas

Como citar: Schelter ML, Hoffmann G, Fruet DL, Camargo RMS, Guerra N, Oliveira Neto AM. Sensibilidade de arroz-daninho oriundo de rebrote a imazapyr + imazapic. Weed Control J. 2021;20:e202100748.

<https://doi.org/10.7824/wcj.2021;20:00748>

Aprovado por:

Editor-Chefe: Daniel Valadão Silva

Editor Associado: André Ulguim

Conflitos de interesse: Os autores declaram não haver conflito de interesses em relação à publicação deste manuscrito.

Recebido: Março 08, 2021

Aprovado: Julho 03, 2021

* Corresponding author:

<mayraschelter12@gmail.com>

Este é um artigo de acesso aberto distribuído sob os termos da Licença de Atribuição Creative Commons, que permite o uso irrestrito, distribuição e reprodução em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Copyright: 2021

1. Introdução

O arroz irrigado (*Oryza sativa* L.) é cultivado em locais de adversidade para maioria das plantas cultivadas, pelas características da várzea, pela friabilidade do solo, pela frequência de chuvas e disponibilidade de água. O arroz está entre os cinco grãos mais cultivados no Brasil apresentando importância social e econômica, por estar entre os produtos alimentícios mais consumidos do país, sendo grande destaque na geração de emprego e renda (Conab, 2018). A produção brasileira de arroz na safra 2019/2020 foi de 9,689 milhões de toneladas (t). Em Santa Catarina, a produção foi de 1,126 milhão de t na safra 2019/2020 (Conab, 2020), correspondendo a 11,6% da produção nacional.

No Estado de Santa Catarina o sistema de cultivo de arroz predominante é o pré-germinado (Oliveira Neto et al., 2020), sendo adotado em cerca de 80% da área cultivada. Nas regiões do Médio e Baixo Vale do Itajaí e Litoral Norte é frequente o cultivo da soca (rebrote) do arroz pois apresentam condições climáticas favoráveis para que as plantas se desenvolvam e produzam de forma satisfatória (Eberhardt e Schiocchet, 2015). O cultivo da soca de arroz não necessita de preparo do solo, dispensa a semeadura e reduz o consumo de água e mão de obra, com isso o produtor tem um aumento na produtividade de grãos por área e otimiza o uso do tempo por apresentar um ciclo mais curto que o cultivo normal o que contribui para a rentabilidade desta atividade.

Um dos principais problemas enfrentados com o cultivo da soca é a rebrota de plantas daninhas durante os cultivos. Os prejuízos provocados por plantas daninhas são ocasionados por diversos fatores como a competição pelos recursos do meio. Dentre as espécies de plantas daninhas que causam as maiores perdas de produtividade incluem o arroz-daninho (*Oryza sativa*) (Menezes et al., 2013). Essa espécie pertence a mesma espécie do arroz cultivado e devido à semelhança

morfofisiológica, tornando difícil o controle seletivo do arroz-daninho (Burgos et al., 2008; Zemolin et al., 2014).

As perdas de produtividade em lavouras infestadas com essa espécie podem superar os 30%, sendo que dependendo do nível de infestação podem até mesmo tornar essas áreas inviáveis para o cultivo de arroz. A presença dos grãos de arroz-daninho que possuem o pericarpo vermelho junto aos grãos de arroz favorece a redução da qualidade dos grãos produzidos devido a diminuição do rendimento, aumento de grãos manchados e gessados (Marchesan et al., 2011).

O arroz-daninho possui alto potencial de rebrotar e produzir panículas, sendo assim contribui para o enriquecimento do banco de sementes dessa planta daninha ao longo dos anos. Além disso, na condição de rebrota ocorre um aumento do sincronismo floral e consequentemente do fluxo gênico entre arroz cultivado e arroz-daninho (Carrie e Loren, 2004). O fluxo gênico é o principal responsável pela evolução da resistência de arroz-daninho ao grupo químico imidazolinonas. No Brasil, o fluxo gênico a partir de cultivares Clearfield® para biótipos de arroz-daninho já foi confirmado por diversos autores (Brunes et al., 2007; Roso et al., 2010; Goulart et al., 2012).

O controle químico aliado a cultivares resistentes aos herbicidas pertencentes ao grupo químico das imidazolinonas, constitui-se em uma alternativa para o controle do arroz-daninho (Sosbai, 2018). O desenvolvimento dessa tecnologia se mostrou uma forma de manejo eficaz no controle seletivo de plantas daninhas, através da utilização de genótipos resistentes a herbicidas do grupo químico das imidazolinonas. Esses herbicidas inibem a atividade das enzimas acetolactato sintase (ALS) na rota de síntese dos aminoácidos de cadeia ramificada valina, leucina e isoleucina (Costa et al., 2021). Todavia, esses herbicidas podem não controlar o arroz-daninho, ou somente reduzir o desenvolvimento da planta daninha e com o passar do tempo pode contribuir para a ocorrência da resistência ocasionada por pressão de seleção (Galon et al., 2012). Outro fator a considerar é a escassez de pesquisas relacionadas à eficiência dos herbicidas do grupo das imidazolinonas sobre plantas oriundas de rebrote e o frequente questionamento dos orizicultores catarinenses quanto a efetividade do controle químico de arroz-daninho no cultivo de soca.

Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi de avaliar a eficiência da mistura formulada de imazapyr + imazapic no controle de arroz-daninho oriundo de rebrote.

2. Material e Métodos

O experimento foi conduzido em casa de vegetação no Instituto Federal Catarinense Campus Rio do Sul, localizado no município de Rio do Sul- SC (Latitude: 27°11'07" S e Longitude: 49°39'39" O e altitude de 655 metros) no ano de 2018. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com tratamentos dispostos em esquema fatorial 4 x 3, com 3 repetições. O primeiro fator correspondeu a quatro genótipos simuladores de arroz-daninho (SCSBRs Tio Taka; SCS116 Satoru, SCS121 CL, SCS122 Miura) e o segundo fator consistiu de três doses de imazapyr + imazapic (0,0; 73,5 + 24,5 e 147 + 49 g ha⁻¹ de i.a.). A mistura de imazapyr + imazapic foi obtida a partir da

utilização do produto comercial Kifix®, da formulação WG, na concentração 525 + 175 g kg⁻¹ de i.a., formulado pela empresa Basf®.

Para simular o cultivo de soca, realizou-se o corte do arroz-daninho quando este se encontrava no estágio R₀ a R₁ (Counce et al., 2000), no dia 06 de fevereiro de 2018, as unidades amostrais eram compostas de vasos com capacidade volumétrica de 5L e quatro plantas por vaso, o solo utilizado foi Cambissolo Háplico Distrófico. A aplicação dos tratamentos foi realizada aos 21 dias após o corte, no dia 27 de fevereiro de 2018 utilizando-se um pulverizador costal de precisão, pressurizado a CO₂, munido de pontas jato plano TT 110 015, pressão de trabalho de 207 kPa, na altura de 0,5 m acima do alvo, velocidade de deslocamento de 3,6 km h⁻¹, aplicando uma taxa de aplicação de 150 L ha⁻¹. No momento da aplicação as plantas de arroz-daninho estavam com duas folhas completamente desenvolvidas (V₂). As condições climáticas no momento da aplicação eram: umidade relativa de 80%; temperatura de 24,3 °C e velocidade do vento de 2,8 m s⁻¹.

Avaliou-se o controle do rebrote de arroz-daninho aos 7, 14 e 28 dias após a aplicação (DAA), as características morfológicas das plantas, como: altura de plantas; número médio de folhas por perfilho e massa seca da parte aérea aos 28 DAA. A porcentagem de controle foi avaliada com base em escala percentual em que a nota 0% corresponde a nenhum efeito de controle do herbicida e a nota 100% significa morte da planta daninha alvo (Velini et al., 1995; Kuva et al., 2016). A altura das plantas foi determinada em centímetros, utilizando uma régua graduada para a tomada das medidas posicionada do nível do solo até a última folha. O número de folhas por perfilho foi determinado pela contagem do número de folhas em todos os perfilhos da unidade experimental. A massa seca da parte aérea foi determinada com a coleta da parte aérea das plantas sobreviventes e secagem das mesmas em estufa a 65°C por 72 horas.

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância e quando o teste F foi significativo, submeteu-se as médias ao teste de comparação múltipla de Tukey. Todas as análises foram realizadas a 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

3. Resultados e Discussão

Aos 7 DAA as plantas de arroz-daninho não apresentavam sintomas visuais de controle, ou seja, ainda não se visualizava sintomas típicos de inibidores da ALS, como avermelhamento de nervuras, clorose de folhas novas, necrose de tecidos e a morte das regiões meristemáticas (Whitcomb, 1999). A única diferença entre as plantas tratadas com imazapyr + imazapic e a testemunha foi uma leve supressão no crescimento, o que resultou em controle menor que 10% (Tabela 1).

Aos 14 DAA, houve uma pequena evolução no controle do arroz-daninho, com a presença leve de clorose nas folhas mais novas, porém, o controle permaneceu baixo, não ultrapassando os 21,6%. Nessa avaliação, o genótipo SCS 122 Miura mostrou-se mais suscetível a mistura formulada de imazapyr + imazapic, apresentando controle de 15,6 e 21,6% nas doses de 73,5 + 24,5 e 147 + 49 g ha⁻¹ de i.a., respectivamente (Tabela 1).

Tabela 1. Controle de rebrote de arroz-daninho submetido a doses de imazapir + imazapic aos 7, 14 e 28 DAA (dias após a aplicação). Rio do Sul- SC, 2018.

Controle aos 7 DAA			
Genótipos	Doses de imazapyr + imazapic (g ha ⁻¹ de i.a.)		
	0,0	73,5 + 24,5	147 + 49
SCSBRS Tio Taka	0,0 aB	8,0 abA	9,0 aA
SCS 116 Satoru	0,0 aB	9,3 aA	8,3 aA
SCS 121 CL	0,0 aA	0,0 cA	0,0 bA
SCS 122 Miura	0,0 aB	4,3 bcB	9,6 aA
CV (%)	53,90		
Controle aos 14 DAA			
Genótipos	Doses de imazapyr + imazapic (g ha ⁻¹ de i.a.)		
	0,0	73,5 + 24,5	147 + 49
SCSBRS Tio Taka	0,0 aC	11,0 bB	15,0 bA
SCS 116 Satoru	0,0 aB	10,0 bA	10,6 cA
SCS 121 CL	0,0 aA	0,0 cA	0,0 dA
SCS 122 Miura	0,0 aC	15,6 aB	21,6 aA
CV (%)	26,73		
Controle aos 28 DAA			
Genótipos	Doses de imazapyr + imazapic (g ha ⁻¹ de i.a.)		
	0,0	73,5 + 24,5	147 + 49
SCSBRS Tio Taka	0,0 aB	33,3 aA	36,6 abA
SCS 116 Satoru	0,0 aB	30,6 aA	30,0 bA
SCS 121 CL	0,0 aA	0,0 bA	0,0 cA
SCS 122 Miura	0,0 aB	38,3 aA	41,6 aA
CV (%)	24,65		

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Na avaliação de 28 DAA, SCS Miura manteve a maior suscetibilidade a mistura formulada de imazapir + imazapic (Tabela 1), principalmente na maior dose, onde diferiu significativamente dos genótipos SCS 116 Satoru e SCS 121 CL. O aumento de dose de 73,5 + 24,5 para 147 + 49 g ha⁻¹ de i.a., não afetou significativamente o nível de controle de nenhum dos genótipos, os quais se mantiveram insatisfatórios. Em suma, a aplicação de imazapir + imazapic não foi eficiente para o controle de arroz-daninho oriundo de

rebrotar, independentemente da dose aplicada. Esses resultados encontrados podem estar relacionados a linhagem dos genótipos, sendo que os parentais do genótipo SCS Miura se diferenciam dos demais.

Os genótipos SCSBRS Tio Taka e SCS 116 Satoru apresentaram leve redução na altura de plantas com o incremento das doses, enquanto os demais genótipos não demonstraram supressão no crescimento independente da dose aplicada (Tabela 2).

Tabela 2. Altura de plantas, número médio de folhas por perfilho e massa seca da parte aérea de rebrote de arroz-daninho submetido a doses de imazapir + imazapic aos 7, 14 e 28 DAA. Rio do Sul-SC, 2018.

Altura de plantas (cm)			
Genótipos	Doses de imazapyr + imazapic (g ha ⁻¹ de i.a.)		
	0,0	73,5 + 24,5	147 + 49
SCSBRS Tio Taka	36,3 aA	23,3 bB	22,3 bB
SCS 116 Satoru	32,6 abA	23,6 bB	26,6 abAB
SCS 121 CL	33,6 abA	33,0 aA	33,0 aA
SCS 122 Miura	27,3 bA	24,0 bA	22,6 bA
CV (%)	13,26		
Número de folhas por perfilho (n°)			
Genótipos	Doses de imazapyr + imazapic (g ha ⁻¹ de i.a.)		
	0,0	73,5 + 24,5	147 + 49
SCSBRS Tio Taka	4,0 aA	2,0 bB	2,0 bB
SCS 116 Satoru	4,6 aA	2,3 bB	2,0 bB
SCS 121 CL	4,0 aA	4,0 aA	4,0 aA
SCS 122 Miura	4,3 aA	2,0 bB	2,3 bB
CV (%)	10,62		
Massa seca da parte aérea (g vaso ⁻¹)			
Genótipos	Doses de imazapyr + imazapic (g ha ⁻¹ de i.a.)		
	0,0	73,5 + 24,5	147 + 49
SCSBRS Tio Taka	6,20 aA	2,73 abB	2,56 bB
SCS 116 Satoru	5,50 aA	2,93 abB	3,50 abB
SCS 121 CL	5,43 aA	4,60 aA	5,40 aA
SCS 122 Miura	6,06 aA	2,23 bB	2,16 bB
CV (%)	22,13		

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Quanto ao número de folhas e a massa seca da parte aérea (Tabela 2) observou-se resultados semelhantes, sendo que para todos os genótipos, com exceção do genótipo SCS 121 CL, houve redução das variáveis a partir da dosagem de $73,5 + 24,5 \text{ g ha}^{-1}$ de i.a. Com relação ao genótipo SCS 121 CL o número de folhas e a massa seca da parte aérea não sofreu alteração independente da dose aplicada, isso ocorreu pelo fato desse genótipo simular um arroz-daninho resistente aos herbicidas do grupo das imidazolinonas, sendo a ausência de efeito já esperada (Croughan et al., 1996).

A mistura formulada de imazapyr + imazapic apresentou baixa eficiência no controle de arroz-daninho originado a partir de rebrote. Esse resultado diverge da eficiência obtida em outras modalidades de aplicação. Galon *et al.* (2012) observaram que imazapyr + imazapic ($73,5 + 24,5 \text{ g ha}^{-1}$) foi eficiente para o controle de arroz-daninho, em aplicação de pós-emergência em plantas oriundas de sementes. Sartori et al. (2013) relataram controle eficiente arroz-daninho com a aplicação de imazapyr + imazapic tanto em aplicação de pré quanto de pós-emergência. Resultados semelhantes também foram descritos por Marchesan et al. (2011).

A aplicação de imazapyr + imazapic pode ser uma alternativa para a supressão no desenvolvimento de arroz-

daninho oriundos de rebrote, mesmo que não resulte em um controle satisfatório ou total a supressão já contribui para o manejo, tendo em vista os problemas ocasionados e as perdas que a presença desta espécie ocasiona nas lavouras que fazem o cultivo da soca. A supressão do crescimento também pode ser utilizada como alternativa para minimizar o sincronismo floral entre arroz cultivado e arroz-daninho, minimizando a evolução da resistência às imidazolinonas no cultivo de soca de arroz. Infelizmente o cultivo de soca de cultivar de arroz Clearfield® é comum em Santa Catarina, apesar de não haver indicação técnica para essa prática. A supressão do arroz-daninho pode ser interessante pois enquanto a planta daninha está se recuperando dos leves sintomas do herbicida o arroz cultivado pode se desenvolver e promover o controle cultural.

4. Conclusão

A aplicação de imazapyr + imazapic não foi eficiente no controle dos genótipos de arroz-daninho oriundos de rebrote, independente da dose. Todavia, essa mistura formulada promoveu supressão do crescimento e desenvolvimento inicial dos genótipos de arroz-daninho suscetíveis às imidazolinonas.

Referências

- Brunes TO, Rangel NHP, Brondani VPR, Moura Neto F, Neves FCP, Brondani C. Fluxo gênico entre arroz vermelho e arroz cultivado estimado por meio de marcadores de microssatélites. *Pesquisa Agropecuária Tropical*. 2007;37 (2):89-92. Available from: <https://doi.org/10.5216/pat.v37i2.1832>
- Burgos NR, Korsworthy JK, Scott RC, Smith KL. Red rice (*Oryza sativa*) status after 5 years of imidazolinone-resistant rice technology in Arkansas. *Weed Technology*. 2008; 22 (1): 200-208. Available from: <https://doi.org/10.1614/WT-07-075.1>
- Carrie LM, Loren HR. How species evolve collectively: implications of gene flow and selection for the spread of advantageous alleles. *Molecular Ecology*. 2004; 13 (6): 1341-1356. Available from: <https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2004.02164.x>.
- Conab. Acompanhamento safra brasileira: grãos, safra 2019/20, sétimo levantamento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos. 2020; 7 (7): 1-31.
- Conab. Perspectivas para a agropecuária. Safra 2018/2019. Companhia Nacional de Abastecimento, Safra 2017/18, Brasília. 2018; 6:1-112.
- Costa LO, Cechin J, Rizziardi MA, Martin SL, Sauder CA, Adegas FS, Grando MF. Target-site resistance and cross-resistance to ALS-inhibiting herbicides in radish and wild radish biotypes from Brazil. *Agronomy Journal*. 2021; 113: 236-249. Available from: <https://doi.org/10.1002/agi2.20500>
- Counce PA, Keisling TC, Mitchell, AJ. A uniform, objective, and adaptive system for expressing rice development. *Crop Science*. 2000;40:436-443. Available from: <https://doi.org/10.2135/cropsci2000.402436x>
- Croughan TP, Utomo HS, Sanders DE, Braverman MP. O arroz resistente a herbicidas oferece uma solução potencial para o problema do arroz vermelho. *Los Angeles Agricultural*. 1996; 39: 10-12.
- Eberhardt DS, Schiocchet MA. Recomendações para a produção de arroz irrigado em Santa Catarina (Sistema pré-germinado). Florianópolis: Epagri, 2015.
- Galon L, Guimarães S, Burg GM, Concenção G, Rampelotto Filho AC, Lima AM, et al. Eficácia e seletividade de herbicidas do grupo das imidazolinonas aplicados em arroz irrigado. *Revista Brasileira de Herbicidas*. 2012;11(3):284-295. Available from: <https://doi.org/10.7824/rbh.v11i3.163>
- Goulart ICGR, Pacheco MT, Nunes AL, Merotto Jr A. Identification of origin and analysis of population structure of field-selected imidazolinone-herbicide resistant red rice (*Oryza sativa*). *Euphytica*. 2012;18:437-447. Available from: <https://doi.org/10.1007/s10681-012-0738-5>
- Kuva MA, Salgado TP, Revoredo TTO. Experimentos de eficiência e praticabilidade agrônômica com herbicidas. In: Monquero P.A. Experimentação com herbicidas. São Carlos: RiMa, 2016.
- Marchesan E, Massoni SFP, Villa CCS, Grohs M, Avila AL, Sartori SMG, et al. Produtividade, fitotoxicidade e controle de arroz-vermelho na sucessão de cultivo de arroz irrigado no

Sistema Clearfield®. *Ciência Rural*. 2011;41(1):17-24. Available from: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782011000100004>

Menezes VG, Mariot CHP, Kalsing A, Freitas TFS, Grohs DS, Matzenbacher FO. Associação de glyphosate e imidazolinonas no controle de arroz-vermelho em arroz Clearfield. *Ciência Rural*. 2013;43:2154-2159. Available from: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782013001200006>.

Oliveira Neto AM, Guerra N, Noldin JA. Off-season management with herbicides as an alternative to reduce weed infestation in paddy rice production systems. *Planta Daninha*. 2020;38:e020228645. Available from: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582020380100082>

Roso AC, Merotto Jr A, Delatorre CA, Menezes VG. Regional scale distribution of imidazolinone herbicide-resistant alleles in red rice (*Oryza sativa* L.) determined through SNP markers. *Field Crops Research*. 2010;119(1):175-182. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2010.07.006>

Sartori GMS, Maechesan E, Azevedo CF, Cargnelutti Filho A, Roso R, Coelho LL, Oliveira ML. Effects of irrigated rice sowing season and imazapyr + imazapic time of application on rice grain yield and red rice management. *Planta Daninha*. 2013; 31 (3): 631-644. Available from: <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-83582013000300015>

Sosbai. Reunião técnica da cultura do arroz irrigado. Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o sul do Brasil. Santa Maria, RS: Sosbai. 2018.

Velini ED, Osipe R, Gazziero DLP. Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas. Londrina: SBCPD, 1995.

Whitcomb CE. An introduction to ALS-inhibiting herbicides. *Toxicology and Industrial Health*. 1999;15:232-240. Available from: <http://dx.doi.org/10.1191/074823399678846592>

Zemolin CR, Avila LA de, Agostinetto D, Cassol GV, Bastiani M, Pestana R. Red rice control and soybean tolerance to s-metolachlor in association with glyphosate. *American Journal of Plant Sciences*. 2014; 5 (13): 2040-2047. Available from: <http://dx.doi.org/10.4236/ajps.2014.513219>