

Pelotas, RS / Novembro, 2024



Parâmetros morfológicos e produtividade de milho cultivado em sulco-camalhão em sucessão ao arroz irrigado tolerante a imidazolinonas

Túlio Bitencourt Nunes⁽¹⁾, Matheus Bastos Martins⁽¹⁾, Valdecir dos Santos⁽¹⁾, Edinaldo Rabaoli Camargo⁽²⁾ e André Andres⁽³⁾

⁽¹⁾Bolsista, Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS. ⁽²⁾Estudante de graduação, Universidade Federal de Pelotas.

⁽³⁾Pesquisador, Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

Resumo – No Rio Grande do Sul, o uso de cultivares de arroz irrigado tolerantes aos herbicidas do grupo químico das imidazolinonas é predominante. Esse sistema permite o controle de um amplo espectro de plantas daninhas, principalmente do arroz daninho. Contudo, esses herbicidas apresentam longa persistência no ambiente, sendo prejudiciais para culturas sensíveis; além disso, o uso contínuo dessa tecnologia selecionou biótipos resistentes de algumas espécies aos inibidores da enzima ALS. O sistema de cultivo de soja e milho em sulco-camalhão tem potencial para reduzir os efeitos negativos desses estresses nessas culturas. Porém, ainda existem dúvidas quanto à viabilidade desse sistema, em função do intenso uso das imidazolinonas nas áreas que previamente cultivadas com arroz irrigado. O objetivo deste trabalho foi determinar a viabilidade do cultivo de milho em sulco-camalhões após o cultivo de arroz irrigado tolerante a imidazolinonas. Um estudo foi conduzido na Estação Experimental Terras Baixas da Embrapa Clima Temperado, na safra 2023/2024, em delineamento inteiramente casualizado e esquema fatorial com quatro repetições, sendo o fator A o histórico da área e o fator B o uso ou não de calcário. As variáveis avaliadas foram o estande de plantas, comprimento de raiz, estatura da parte aérea, e massa seca de raiz e parte aérea. Também foi avaliada a altura da inserção da espiga no colmo e produtividade de grãos. Os resultados apontam que os parâmetros morfológicos e a produtividade do milho cultivado em sulco-camalhões são prejudicados quando em sucessão ao arroz irrigado tolerante a imidazolinonas.

Termos para indexação: *Zea mays*, *Oryza sativa* L., carryover, residual.

Morphological parameters and yield of furrow-irrigated maize grown in succession to imidazolinone-tolerant irrigated rice

Abstract – In Rio Grande do Sul, the use of irrigated rice cultivars tolerant to imidazolinones is predominant. This system enables the control of a broad

Embrapa Clima Temperado
BR-392, Km 78, Caixa Postal 403
96010-971 Pelotas, RS
Fone: (53) 3275-8100
www.embrapa.br/clima-temperado
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações

Presidente

Ana Cristina Richter Krolow

Secretária-executiva

Rosângela Costa Alves

Membros

Newton Alex Mayer, Rosângela

Costa Alves, Bárbara Chevallier

Cosenza, Cláudia Antunez

Arrieche e Sonia Desimon

Edição executiva

Bárbara Chevallier Cosenza

Revisão de texto

Bárbara Chevallier Cosenza

Normalização bibliográfica

Cláudia Antunez Arrieche

(CRB-10/1594)

Projeto gráfico

Leandro Sousa Fazio

Diagramação

Nathália Santos Fick

Publicação digital: PDF

Todos os direitos reservados à Embrapa.

spectrum of weeds, especially weedy rice. However, these herbicides have a long persistence in the environment, being harmful to sensitive crops; their continued use has selected biotypes of several species resistant to ALS inhibitors. Furrow-irrigated soybeans and corn have the potential to reduce the negative effects of such stresses on these crops. However, there are still doubts about the viability of this system due to the intense use of imidazolinones in areas previously cultivated with irrigated rice. The objective of this work was to determine the feasibility of growing maize in furrows after the cultivation of imidazolinone-tolerant irrigated rice. A study was conducted at Embrapa Temperate Agriculture (Lowlands Experimental Station) in the 2023/2024 crop season in a completely randomized design and a factorial scheme with four replications, with factor A being the history of the area and factor B the use or not of limestone. The variables evaluated were: plant stand, root and shoot height, dry mass, height of the ear insertion in the stem and grain yield. The results indicate that both morphological parameters and the yield of maize cultivated in furrow-ridges are impaired when in succession to imidazolinone-tolerant irrigated rice.

Index terms: *Zea mays*, *Oryza sativa* L., carryover, residual.

Introdução

No Brasil, o cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) está distribuído em várias áreas agrícolas. O cultivo em áreas em sequeiro ocorre em ambientes de terras altas, principalmente nas regiões Norte e Centro-Oeste. Seu cultivo irrigado ocorre em áreas de terras baixas, predominantemente no Sul do Brasil. Nos estados do Rio Grande do Sul (RS) e de Santa Catarina (SC) concentram-se as maiores áreas de produção de arroz (Acompanhamento da safra brasileira [de] grãos, 2023), com aproximadamente 80% da produção nacional.

No Rio Grande do Sul, a área cultivada com arroz irrigado nas últimas safras foi próxima de 900 mil hectares, predominando o uso de cultivares do sistema Clearfield® (Boletim [...], 2023). Essa tecnologia foi disponibilizada comercialmente no Brasil em 2002, quando o Instituto Riograndense do Arroz (Irga) lançou a cultivar 'IRGA 422CL' sob acordo legal com empresa BASF. Esse sistema está baseado na tolerância de cultivares e híbridos de arroz aos herbicidas do grupo químico das imidazolinonas, permitindo controle seletivo da principal planta daninha da cultura, o arroz daninho (*Oryza sativa* L.).

Desde seu lançamento, o sistema de produção de arroz Clearfield® (CL) mostra ser eficiente e eficaz para controle das plantas daninhas do arroz. A adoção do sistema globalmente foi revisada amplamente por Sudianto et al. (2014). Ao longo dos anos, o uso intensivo de mesma tecnologia selecionou biótipos de arroz daninho resistentes às imidazolinonas, seja pelo fluxo gênico entre o arroz comercial e o daninho ou escapes de controle, devido ao uso inadequado dos herbicidas (Ávila et al., 2021). Outro aspecto relevante do uso de imidazolinonas no cultivo de arroz irrigado é a persistência desses herbicidas no ambiente, que, associada às características físico-químicas dos solos de terras baixas e às condições edafoclimáticas da região Sul do Brasil, pode prejudicar culturas não tolerantes a esses herbicidas, como a soja e o milho, que se encontram em plena expansão na região (Gehrke et al., 2021).

A rotação de culturas é uma das principais ferramentas para mitigar a evolução de plantas daninhas resistentes (Ulguim et al. 2021). A dificuldade no manejo de culturas de sequeiro em ambientes de terras baixas torna a adoção da rotação de culturas um desafio. Ainda assim, observa-se crescimento do cultivo da soja em rotação com o arroz irrigado nessas áreas, partindo de 11.500 ha na safra 2010/2011 para mais de 500 mil hectares na safra 2022/2023. Contudo, a produtividade das culturas de sequeiro em rotação com o arroz irrigado ainda é prejudicada por estresses hídricos, seja por déficit ou excesso (Boletim [...], 2023).

Buscando uma forma de minimizar os impactos negativos desses estresses, a Embrapa, em parceria com outras empresas, desenvolveu o sistema sulco-camalhão. Com essa estratégia, a drenagem das áreas cultivadas com soja e milho é facilitada pela sistematização do solo através dos sulcos e, associada a tecnologia de politubos, permite a irrigação dos cultivos de acordo com a demanda hídrica. O sistema está em crescimento nas terras baixas do Rio Grande do Sul, podendo superar 4% da área destinada ao arroz, sendo que a expansão também é esperada para o cultivo de milho, impulsionada pela demanda crescente para alimentação animal e produção de etanol (Campos et al., 2021).

Com as melhorias proporcionadas pelo sistema sulco-camalhão, a adoção da rotação de culturas em sistemas de produção de terras baixas, com cultivos de sequeiro, torna-se extremamente viável e importante para o manejo integrado de plantas daninhas, visto que os herbicidas disponíveis para soja e milho apresentam mecanismos de ação alternativos aos utilizados no arroz irrigado, sendo

estratégia fundamental para mitigar os problemas em relação à resistência de plantas daninhas aos herbicidas.

Nesse contexto, há necessidade de estudos para mensurar e auxiliar na escolha de estratégias para tornar possível e segura a rotação e sucessão de lavouras de arroz irrigado tolerantes às imidazolinonas com milho cultivado em sistema sulco-camalhão nas terras baixas. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar os parâmetros morfológicos e a produtividade milho cultivado em sulco-camalhões após o cultivo de arroz irrigado tolerante a imidazolinonas.

Material e métodos

O estudo foi conduzido na safra 2023/2024 na Estação Experimental Terras Baixas (ETB) da Embrapa Clima Temperado, localizada no município de Capão do Leão, RS, onde o solo é classificado como Planossolo háplico (Santos et al., 2013).

Na área experimental houve preparo convencional do solo para construção dos sulcos-camalhões, espaçados 90 cm entre si, utilizando implemento específico. A semeadura ocorreu em 5 de dezembro de 2023, utilizando o milho híbrido 'Pioneer P3016VYHR' (ciclo superprecoce com boa adaptabilidade para o cultivo em terras baixas), objetivando a população de 70 mil plantas por hectare, de acordo com as recomendações da empresa responsável. A emergência da cultura se deu no dia 10 de dezembro de 2023, cinco dias após a semeadura.

A adubação de base consistiu na utilização de 380 kg ha⁻¹ da fórmula 09-48-00 de N-P₂O₅- K₂O, respectivamente, distribuídos em linha simultaneamente ao plantio. Em cobertura foram utilizados 202,5 kg N ha⁻¹ e 270 kg de K₂O ha⁻¹, na forma de ureia e cloreto de potássio, distribuídos em três aplicações: em V1 aplicando 10%, em V4 aplicando 45%, e em V10 aplicando os 45% do total da adubação em cobertura.

O manejo de plantas daninhas iniciou com dessecção pré-semeadura do milho (3 de dezembro de 2023), utilizando 1.440 g ha⁻¹ de glifosato e, na pré-emergência da cultura (9 de dezembro de 2023), realizada em modalidade "plante-aplique", pulverização de S-metolachlor (960 g ha⁻¹) + glifosato (1.440 g ha⁻¹). Em pós-emergência foi realizada uma aplicação de glifosato (1.440 g ha⁻¹) em 15 de janeiro de 2024, para complementar o efeito do pré-emergente.

O estudo foi implantado em delineamento inteiramente casualizado e esquema fatorial com quatro repetições, sendo o fator A o histórico da área: (1)

uma safra de cultivo de arroz tolerante a imidazolinonas (tIMI), uma safra de cultivo de soja e posterior introdução do milho; (2) duas safras de cultivo de arroz (tIMI) com posterior introdução do milho; e (3) duas safras de cultivo de arroz Max-Ace® (sem uso de imidazolinonas – MA) com posterior introdução do milho. Nas parcelas em que foi cultivado arroz irrigado (tIMI), foi realizada aplicação de imazapyr + imazapic (147 + 49 g ha⁻¹) em cada safra que antecedeu a introdução do milho. O fator B correspondeu ao uso ou não de 5 t de calcário por hectare 102 dias antes da semeadura do milho (25 de agosto de 2023).

As variáveis avaliadas foram o estande de plantas 15 dias após a emergência, comprimento de raiz e estatura da parte aérea (cm) e massa seca de raiz e parte aérea aos 30 dias após a emergência de seis plantas por parcela, escolhidas de forma aleatória. Também foi avaliada a altura da inserção da espiga no colmo aos 135 dias após a emergência em seis plantas por parcela. Ao atingir a maturidade fisiológica foi realizada a colheita manual do milho no dia 3 de maio de 2024 em área útil de 2,7 m² e, após a trilha, limpeza e secagem, foi determinada a produtividade de grãos (kg ha⁻¹, com 14% de umidade).

A homoscedasticidade e a normalidade dos conjuntos de dados foram analisadas pelos testes de Levene e Shapiro-Wilk, respectivamente. Posteriormente, os dados foram submetidos à análise da variância ($p \leq 0,05$) e, quando constatadas diferenças entre os níveis dos fatores em estudo, as médias foram comparadas através do Teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Todas as análises foram realizadas no software Jamovi 2.5 (The Jamovi Project, 2024).

Resultados e discussão

Todas as variáveis estudadas apresentaram homogeneidade e normalidade dos dados. A análise da variância apontou interação entre os fatores em estudo (histórico da área e uso de calcário) para as variáveis estande plantas e inserção da espiga no colmo. Foi verificado efeito simples do histórico da área para as variáveis estatura da parte aérea, comprimento de raízes, massa seca da parte aérea e de raízes, e produtividade. A variável massa seca da parte aérea foi a única que apresentou diferenças significativas entre os níveis do fator uso de calcário.

Na Tabela 1 são apresentados os resultados obtidos com diferentes históricos de área cultivadas com uso ou não de calcário para observar os efeitos no estande de plantas de milho por hectare aos 15 dias após a emergência. Foi verificada diferença

entre as médias do uso ou não de calcário apenas na sequência de histórico com arroz tIMI/soja/milho. Nos demais históricos, o uso de calcário não influenciou o estabelecimento da cultura do milho. Em relação ao estande de plantas obtido em cada um dos históricos sem o uso de calcário, destacou-se dos demais a sequência de cultivo com arroz MA/arroz MA/milho (50 mil plantas por hectare). Já com o uso de calcário, todos os históricos diferenciaram entre si, com destaque à sequência de cultivo com arroz tIMI/soja/milho (59,2 mil plantas por hectare), seguida pelas sequências históricas da área com arroz MA/arroz MA/milho (50,9 mil plantas por hectare).

Esses resultados demonstram que, na sequência de cultivos com introdução da soja antecedendo o milho, é possível obter melhores estandes com a utilização de calcário, mas caso o milho seja antecedido por 2 anos de cultivo de arroz irrigado, independentemente da tecnologia utilizada, conforme este estudo, o calcário não contribuiu para o melhorar estabelecimento da cultura. Também fica evidente que o cultivo de milho após o cultivo de 2 anos consecutivos de arroz tolerante a imidazolinonas teve seu estande de plantas prejudicado.

Tabela 1. Estande (número de plantas de milho por hectare) 15 dias após a emergência, em função do histórico da área sem e com uso de calcário. Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Terras Baixas, Capão do Leão, RS, 2024.

| Histórico | Calcário | |
|-----------------------------|------------|------------|
| | Sem | Com |
| Arroz tIMI/soja/milho | B 39.815 b | A 59.259 a |
| Arroz tIMI/arroz tIMI/milho | A 44.444 b | A 48.148 c |
| Arroz MA/arroz MA/milho | A 50.000 a | A 50.926 b |
| C.V. (%) | 14,79 | |

Letras maiúsculas comparam médias na linha de um histórico da área para uso ou não de calcário. Letras minúsculas comparam médias na coluna para uso ou não de calcário para cada histórico da área. Médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. C.V.: coeficiente de variação.

A estatura da parte aérea do milho, avaliada 30 dias após a emergência com sequência de cultivo com arroz MA/arroz MA/milho foi superior aos demais históricos (Tabela 2). Em relação aos outros dois históricos em que houve cultivo de arroz irrigado tolerante a imidazolinonas, não foram verificadas diferenças, sendo que as estaturas permaneceram entre 66,7 e 70,0 cm. Esse resultado representou uma redução média de 26% na estatura das plantas de milho. A estagnação do crescimento da parte aérea é um fenômeno relatado por outros autores como efeito fitotóxico das imidazolinonas em culturas sensíveis, cultivadas em sucessão ao seu uso (Pinto et al., 2009a; Santos et al., 2014).

Tabela 2. Estatura da parte aérea (cm) de plantas de milho 30 dias após a emergência, em função do histórico da área com sequência de cultivo. Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Terras Baixas, Capão do Leão, RS, 2024.

| Histórico | |
|------------------------------|--------|
| Arroz tIMI/soja/milho | 66,7 b |
| Arroz tIMI/arroz tIMI /milho | 70,0 b |
| Arroz MA/arroz MA/milho | 92,7 a |
| C.V. (%) | 16,11 |

Médias seguidas por uma mesma letra na coluna, dentro de cada fator não apresentam diferenças significativas, segundo o teste de Tukey a 5%. C.V.: coeficiente de variação.

Resultado semelhante foi observado para o comprimento de raízes do milho (Tabela 3). O cultivo de milho em sucessão a 2 anos de cultivo de arroz tIMI ou em sucessão a 1 ano de arroz tIMI e 1 ano de soja apresentou efeitos semelhantes, com menores comprimentos de raízes em relação ao cultivo de milho após 2 anos de cultivo de arroz MA. A redução significativa do comprimento das raízes de milho nos dois históricos que apresentaram resultados inferiores foi de 26%. Esse também é um efeito relatado na literatura como indicador de presença de imidazolinonas no solo, uma vez que a inibição da enzima ALS prejudica a divisão celular e o crescimento das raízes (Noldin et al., 2009).

Tabela 3. Comprimento de raízes (cm) de plantas de milho 30 dias após a emergência, em função do histórico da área. Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Terras Baixas, Capão do Leão, RS, 2024.

| Histórico | Comprimento de raízes (cm) |
|------------------------------|----------------------------|
| Arroz tIMI/soja/milho | 19,1 b |
| Arroz tIMI/arroz tIMI/ Milho | 18,7 b |
| Arroz MA/arroz MA/milho | 25,7 a |
| C.V. (%) | 17,20 |

Médias seguidas por uma mesma letra na coluna, dentro de cada fator não apresentam diferenças significativas, segundo o teste de Tukey a 5%.

C.V.: coeficiente de variação.

Em relação à massa seca da parte aérea 30 dias após a emergência (Tabela 4), foi observado padrão semelhante ao das variáveis apresentadas anteriormente, com o histórico de cultivos com arroz MA/arroz MA/milho se destacando em relação aos demais. No entanto, o impacto no cultivo do milho em sucessão ao arroz irrigado tIMI foi maior para essa variável, chegando a 55% de redução em relação ao histórico com sequência de arroz MA/arroz MA/milho. Esse resultado está associado à redução da estatura da parte aérea e do comprimento de raízes, visto que plantas debilitadas em função da intoxicação por *carryover* de imidazolinonas tendem a ter prejudicada sua capacidade de produção de fotoassimilados e absorção de nutrientes (Pinto et al., 2009b, 2009c; Bundt et al., 2015). A utilização de calcário também influenciou a massa seca da parte aérea do milho, apresentando resultado inferior no cenário de não utilização.

Tabela 4. Massa seca da parte aérea (g) de plantas de milho 30 dias após a emergência, em função do histórico da área ou do uso de calcário. Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Terras Baixas, Capão do Leão, RS, 2024.

| Histórico | Massa seca da parte aérea (g) |
|-----------------------------|-------------------------------|
| Arroz tIMI/soja /milho | 9,12 b |
| Arroz tIMI/arroz tIMI/milho | 9,75 b |
| Arroz MA/arroz MA/milho | 21,37 a |
| Calcário | |
| Sem | 14,58 a |
| Com | 12,25 b |
| C.V. (%) | 46,36 |

Médias seguidas por uma mesma letra na coluna, dentro de cada fator não apresentam diferenças significativas, segundo o teste de Tukey a 5%.

C.V.: coeficiente de variação.

A massa seca de raízes de milho, avaliada 30 dias após a emergência (Tabela 5), foi inferior quando a sequência de cultivos antecedente ao milho teve a presença de arroz tIMI. As reduções observadas oscilaram aproximadamente 44 a 23% em relação ao tratamento com arroz MA, em que se observou maior resultado para essa variável. Inibidores da ALS como as imidazolinonas apresentam, entre outros sintomas, elevada capacidade de prejudicar o desenvolvimento de raízes, em função de paralisar a síntese de aminoácidos de cadeia ramificada, importante para a divisão celular e formação de raízes (Sala et al., 2012).

Tabela 5. Massa seca de raízes (g) de plantas de milho 30 dias após a emergência, em função do histórico da área. Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Terras Baixas, Capão do Leão, RS, 2024.

| Histórico | Massa seca de raízes (g) |
|-----------------------------|--------------------------|
| Arroz tIMI/soja/milho | 3,87 c |
| Arroz tIMI/arroz tIMI/milho | 5,37 b |
| Arroz MA/arroz MA/milho | 7,00 a |
| C.V. (%) | 32,62 |

Médias seguidas por uma mesma letra na coluna, dentro de cada fator não apresentam diferenças significativas, segundo o teste de Tukey a 5%.

C.V.: coeficiente de variação.

Na Tabela 6 são apresentados os resultados obtidos para a altura da inserção da espiga no colmo. O uso de calcário induziu resultado superior nas sequências de cultivo com 2 anos de arroz antecedendo a cultura do milho, independentemente da tecnologia de tolerância a herbicidas. Quando o milho foi antecedido por 1 ano de arroz e 1 ano

de soja, foi obtido resultado superior sem o uso de calcário. Comparando-se os históricos de cultivo, a sequência com Arroz MA/arroz MA/milho apresentou resultados superiores aos demais históricos em que houve a presença de arroz tIMI em pelo menos uma safra, independentemente do uso ou não de calcário.

Tabela 6. Inserção da espiga no colmo (cm) de plantas de milho 135 dias após a emergência, em função do histórico da área e do uso de calcário. Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Terras Baixas, Capão do Leão, RS, 2024.

| Histórico | Calcário | |
|-----------------------------|----------|-----------|
| | Sem | Com |
| Arroz tIMI/soja/ Milho | A 64,8 b | B 56,1 c |
| Arroz tIMI/arroz tIMI/milho | B 60,8 b | A 71,1 b |
| Arroz MA/arroz MA/milho | B 90,5 a | A 100,5 a |
| C.V. (%) | 24,30 | |

Letras maiúsculas comparam médias na linha de um histórico da área para uso ou não de calcário. Letras minúsculas comparam médias na coluna para uso ou não de calcário para cada histórico da área. Médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

C.V.: coeficiente de variação.

Reflexo de todas as variáveis apresentadas e discutidas anteriormente, a produtividade de grãos (Tabela 7) foi superior na sequência de cultivo sem a presença de arroz tIMI (arroz MA/arroz MA/milho), alcançando média superior a 9.000 kg ha⁻¹. Para os históricos com 1 ou 2 anos com cultivo de arroz tIMI, houve redução da produtividade em 51% em média, sendo que, no histórico com 2 anos de cultivo de arroz tIMI antecedendo o milho, houve efeito significativo mais acentuado na produtividade de grãos, nesse caso inferior a 4.000 kg ha⁻¹. O potencial do *carryover* de imidazolinonas em reduzir a produtividade de grãos de culturas sensíveis está amplamente descrito na literatura e já foi relatado para o milho em terras baixas (Pinto et al., 2011; Agostinetto et al., 2018).

Tabela 7. Produtividade de grãos (kg ha⁻¹) de milho, em função do histórico da área. Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Terras Baixas, Capão do Leão, RS, 2024.

| Histórico | Produtividade de grãos |
|---------------------------------|------------------------|
| Arroz tIMI / Soja / Milho | 5.856,5 b |
| Arroz tIMI / Arroz tIMI / Milho | 3.721,4 c |
| Arroz MA / Arroz MA / Milho | 9.787,2 a |
| C.V. (%) | 41,85 |

Médias seguidas por uma mesma letra na coluna, dentro de cada fator não apresentam diferenças significativas, segundo o teste de Tukey a 5%.

C.V.: coeficiente de variação.

Diante dos resultados apresentados, verifica-se que o cultivo de milho em sucessão ao cultivo de arroz tIMI é uma prática que requer cuidados especiais e planejamento, visto que todas as variáveis avaliadas foram influenciadas pelo histórico de cultivo. Como as imidazolinonas são herbicidas dissipados principalmente via degradação microbológica aeróbica, algumas práticas de manejo devem ser adotadas para viabilização do cultivo de milho em sucessão ao arroz tIMI. Dentre elas estão a drenagem das áreas durante o período de inverno, a aplicação de calcário com maior antecedência ao cultivo de milho, o cultivo de pastagens ou culturas de cobertura com potencial de fitorremediação e o cultivo de soja por mais de 1 ano antes da introdução do milho no sistema (Gehrke et al., 2021).

Com base nos resultados obtidos, a introdução do milho em sucessão ao cultivo de arroz tIMI não é recomendável, visto o risco de intoxicação, com efeitos de reduções dos parâmetros morfológicos e da produtividade de grãos, conforme apresentado neste trabalho.

Conclusões

Os parâmetros morfológicos e a produtividade do milho cultivado em sulco-camalhões são prejudicados quando em sucessão ao arroz irrigado tolerante a imidazolinonas.

Referências

- ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA [DE] GRÃOS: safra 2023/24: primeiro levantamento, v. 11, n. 1, p. 1-117, out. 2023. Disponível em: https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/gaos/boletim-da-safra-de-graos/item/download/49593_596c818070b5dc225a-4d1750a9747c79. Acesso em: 10 out. 2024.
- AGOSTINETTO, D.; FRAGA, D. S.; VARGAS, L.; OLIVEIRA, A. C. B.; ANDRES, A.; VILLELA, F. A. Respose of soybean cultivars in rotation with irrigated rice crops cultivated in Clearfield® system. **Planta Daninha**, v. 36, p. 1-9, 2018.
- ÁVILA, L. A.; MARCHESAN, E.; CAMARGO, E. R.; MEROTTO JÚNIOR, A.; ULGUIM, A. R.; NOLDIN, J. A.; ANDRES, A.; MARIOT, C. H. P.; AGOSTINETTO, D.; DORNELLES, S. H. B.; MARKUS, C. Eighteen years of Clearfield rice in Brazil: what have we learned? **Weed Science**, v. 49, p. 1-13, 2021.
- BOLETIM de resultados da safra 2022/23 em terras baixas: arroz irrigado, soja e milho. Porto Alegre: IRGA, 2023. Disponível em: <https://admin.irga.rs.gov.br/upload/arquivos/202308/23105302-boletim-de-resultados.pdf>. Acesso em: 6 de abril de 2024.
- BUNDT, A. D. C.; AVILA, L. A.; AGOSTINETTO, D.; NOHATTO, M. A.; VARGAS, H. C. Carryover de imazethapyr + imazapic on ryegrass and non-tolerant rice as affected by thickness of soil profile. **Planta Daninha**, v. 33, p. 357-364, 2015.
- CAMPOS, A. S. de; CENTENO, A.; ANDRES, A.; PARFITT, J. M. B.; MÉLLO-ARAÚJO, L. B.; BUENO, M. V.; PINTO, M. A. B.; MARTINS, M. B.; VEBER, P. M.; SCIVITTARO, W. B. **Utilização da tecnologia sulco-camalhão na produção de soja e milho em Terras Baixas do Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2021. 30 p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 506).
- GEHRKE, V. R.; FIPKE, M. V.; ÁVILA, L. A.; CAMARGO, E. R. Understanding the opportunities to mitigate carryover of imidazolinone herbicides in lowland rice. **Agriculture**, v. 11, p. 299-316, 2021.
- NOLDIN, J. A.; RAMPELOTTI, F. T.; ROSENTHAL, M. D.; PINTO, J. J. O. Crescimento inicial de espécies vegetais na presença dos herbicidas imazapyr + imazapic em água. **Agronegócio Catarinense**, v. 22, n. 1, 2009.
- PINTO, J. J. O.; NOLDIN, J. A.; MACHADO, A.; PINHO, C. F.; ROSENTHAL, M. D.; DONIDA, A.; GALON, L.; DURIGAN, M. Milho (*Zea mays*) como espécie bioindicadora da atividade residual de (imazethapyr + imazapic). **Planta Daninha**, v. 27, p. 1005-1014, 2009a.
- PINTO, J. J. O.; NOLDIN, J. A.; PINHO, C. F.; ROSSI, F.; GALON, L.; ALMEIDA, G. F. Atividade residual de (imazethapyr + imazapic) para sorgo granífero (*Sorghum bicolor*) semeado em rotação com o arroz irrigado. **Planta Daninha**, v. 27, p. 1015-1024, 2009b.
- PINTO, J. J. O.; NOLDIN, J. A.; ROSENTHAL, M. D.; PINHO, C. F.; ROSSI, F.; MACHADO, A.; PIVETA, L.; GALON, L. Atividade residual de (imazethapyr + imazapic) sobre azevém anual (*Lolium multiflorum*) semeado em sucessão ao arroz irrigado no sistema Clearfield®. **Planta Daninha**, v. 27, p. 609-619, 2009c.
- PINTO, J. J. O.; NOLDIN, J. A.; SOUSA, C. P.; AGOSTINETTO, D.; PIVETA, L.; DONIDA, A. Atividade residual de imazethapyr + imazapic em arroz semeado em rotação com o arroz Clearfield®. **Planta Daninha**, v. 29, p. 205-216, 2011.
- SALA, C. A.; BULOS, M.; ALTIERI, E.; RAMOS, M. L. Root biomass response to foliar application of imazapyr for two imidazolinone tolerant alleles of sunflower (*Helianthus annuus* L.). **Breeding Science**, v. 62, p. 235-240, 2012.
- SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. de. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353 p.
- SANTOS, L. O.; PINTO, J. J. O.; PIVETA, L. B.; NOLDIN, J. A.; GALON, G.; CONCENÇO, G. Carryover effect of imidazolinone herbicides for crops following rice. **American Journal of Plant Sciences**, v. 5, p. 1049-1058, 2014.
- SUDIANTO, E.; BENG-KAH, S.; TING-XIANG, N.; SALDAIN, N. E.; SCOTT, R. C.; BURGOS, N. R. Clearfield® rice: Its development, success, and key challenges on a global perspective. **Crop Protection**, v. 49, p. 40-51, 2014.
- THE JAMOVI PROJECT. **JAMOVI**. (Version 2.5). 2024. Disponível em: <https://www.jamovi.org>. Acesso em: 29 ago. 2024.
- ULGUIM, A. R.; FRUET, B. L.; MEROTTO JÚNIOR, A.; SILVA, A. L. Status of weed control in imidazolinone-herbicide resistant rice in Rio Grande do Sul. **Advances in Weed Science**, v. 39, p. 1-7, 2021.



*Ministério da
Agricultura e
Pecuária*