

Resposta do arroz irrigado a herbicidas em função do sombreamento e da inundação do solo

Paddy rice response to herbicides due to shadowing and soil flooding

Carlos Vieira¹ (ORCID 0000-0002-5944-3100), Elison Diego de Souza² (ORCID 0000-0003-1107-0568), Mateus Henrique Scariot¹ (ORCID 0000-0002-1646-5828), Lariane Fontana de Freitas¹ (ORCID 0000-0003-0812-5740), Diogo Luiz Fruet¹ (ORCID 0000-0003-0208-081X), Naiara Guerra³ (ORCID 0000-0002-4215-3027), Antonio Mendes de Oliveira Neto¹ (ORCID 0000-0002-4616-5594)

¹Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, SC, Brasil. *Autor para correspondência: sr.carlosvieira@gmail.com

²Instituto Federal Catarinense, Rio do Sul, SC, Brasil.

³Universidade Federal de Santa Catarina, Curitiba, SC, Brasil.

Submissão: 13/10/2022 | Aceite: 26/12/2022

RESUMO

A existência de uma ampla diversidade de plantas daninhas faz com que seja necessário a utilização de manejo adequado, a fim de não comprometer a produtividade da cultura do arroz irrigado. Em anos onde há ocorrência de El Niño, a saturação do solo é favorecida e a nebulosidade frequente pode afetar diretamente a eficiência de controle das plantas daninhas e/ou aumentar a fitotoxicidade a cultura após a aplicação dos herbicidas. Deste modo, o objetivo deste trabalho foi avaliar a resposta do arroz irrigado a herbicidas em função do sombreamento e da inundação do solo. Para isto utilizaram-se dois regimes de saturação do solo após a aplicação dos herbicidas (sem ou com inundação do solo) e a exposição das plantas a duas condições de luminosidade, desde a emergência até a aplicação dos herbicidas (sem ou com sombreamento) e quatro tratamentos herbicidas: 1) testemunha sem herbicida, 2) [imazapyr + imazapic], 3) [imazapyr + imazapic] + saflufenacil e 4) [imazapyr + imazapic] + carfentrazone-ethyl. As variáveis avaliadas foram fitotoxicidade, teor de clorofila, altura de plantas e massa seca da parte aérea. Os herbicidas causaram fitotoxicidade inicial, entretanto houve a recuperação da cultura ao longo das avaliações. O crescimento do arroz irrigado, cultivar SCS121 CL, foi afetado pelos herbicidas, principalmente pelas misturas de [imazapyr + imazapic] + saflufenacil ou carfentrazone-ethyl. A inundação do solo e o sombreamento pouco influenciaram a seletividade dos tratamentos herbicidas para o arroz irrigado.

PALAVRAS-CHAVE: Inibidores da protox; imidazolinonas; *Oryza sativa*; seletividade de herbicidas.

ABSTRACT

A wide weed diversity requires efficient weed management to avoid weed interference and decrease grain yield. In season that El Niño is prevalent, the soil flooding is usually in paddy fields, and the cloudy time is frequent. This combination can directly decrease the weed control and to rise the crop injury after the herbicide spraying. So, the objective of this research was to evaluate the paddy rice response to herbicide to shadowing and soil flooding. For that were assessed two conditions of soil saturation (with or without soil flooding) and the exposition of plant rice to two light conditions, since de emergence until herbicide application (with or without shadowing) and four herbicide treatments: 1) check without herbicide, 2) [imazapyr + imazapic], 3) [imazapyr + imazapic] + saflufenacil and 4) [imazapyr + imazapic] + carfentrazone-ethyl. The assessed variables were rice injury, chlorophyll content, plant height and aboveground biomass. The herbicides caused initial injury, however there was recovery of rice plants at long of the evaluations. The paddy rice growth, of cultivar SCS121 CL, were affected by herbicide application, mainly when the tank mixture of [imazapyr + imazapic] plus saflufenacil or carfentrazone-ethyl. The soil flooding and the shadowing little affected the herbicide selectivity to paddy rice.

KEYWORDS: Prototox inhibitors; imidazolinones; *Oryza sativa*; herbicide selectivity.

INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa* L.) é considerado o produto de maior importância econômica em muitos países em desenvolvimento, além de ser uma cultura com grande capacidade de adaptação a diferentes condições de solo e clima (SANTOS 2021). Esta espécie é cultivada em todos os continentes, destacando-se o asiático, que concentra 89,9% da produção mundial, vindo, em seguida, o continente americano, responsável por 5,0% do total. O Brasil encontra-se em nono lugar, respondendo por 1,5% da produção mundial. Na safra brasileira de 2020/21 a área cultivada foi de 1.677.700 hectares, a produção total foi de aproximadamente 11.754 milhões de toneladas e a produtividade foi de 7.006 kg ha⁻¹ (CONAB 2022). A maior parcela da produção de arroz do Brasil é proveniente do ecossistema de terras baixas, onde a orizicultura irrigada é responsável por 75% da produção nacional.

O estado de Santa Catarina se caracteriza pela presença de pequenas propriedades e pelo sistema de cultivo com sementes pré-germinadas (EPAGRI/CEPA 2022), pois possibilita o preparo do solo e a semeadura mesmo em dias chuvosos, controle da comunidade infestante com a inundação precoce na fase de preparo do solo, por exemplo o arroz-daninho (*Oryza sativa* spp) e capim-arroz (*Echinochloa* sp.), conseqüentemente, menor uso de herbicidas (SANTOS 2021). Mesmo assim, ainda são observadas altas infestações de plantas daninhas, isto devido ao cultivo intensivo e predomínio do monocultivo, uma vez que o ambiente de produção dificulta a rotação de culturas (OLIVEIRA NETO et al. 2020).

As elevadas infestações, bem como a diversidade de espécies de plantas daninhas, exigem que os produtores adotem medidas eficientes de manejo, a fim de reduzir os danos causados e não comprometer significativamente a produtividade. O controle químico, com aplicação de herbicidas, tem sido um dos métodos mais utilizados na cultura do arroz devido a praticidade e eficiência (LACERDA & NOLDIN 2021). Entretanto, existem dúvidas quanto ao efeito da luminosidade na eficiência dos herbicidas. A elevada intensidade luminosa favorece a eficácia de herbicidas inibidores da ACCase, pelo fato de melhorar a atividade metabólica das plantas, mas isso não é uma regra, pois fatores como suscetibilidade da espécie, estado hídrico e suscetibilidade do herbicida a fotodegradação podem afetar a eficiência (CIESLIK LF et al. 2013).

Outros trabalhos relacionados a eficácia de herbicidas levando em consideração a luminosidade apresentam resultados similares (MOTA et al. 2020, COSTA et al. 2018). A energia luminosa, dependendo da intensidade, pode provocar rompimento de ligações químicas nas moléculas herbicidas e/ou atuar como catalisador em outros processos físico-químicos (ROMAN et al. 2005).

O efeito positivo da manutenção da lâmina d'água no controle de plantas daninhas foi verificado por vários autores (CONCENÇÃO et al. 2006, MACHADO et al. 2006, HELGUEIRA et al. 2017). Em pesquisa com sistemas de irrigação e aplicação de herbicidas, HELGUEIRA et al. (2017) observaram a presença de representativa fitotoxicidade em plantas de arroz em sistemas com inundação e irrigação por aspersão, todavia em ambos os sistemas as injúrias foram transitórias e de baixa intensidade após 21 dias da aplicação, indicando a recuperação natural da planta.

A ocorrência de El Niño costuma causar mais chuvas sobre o estado de Santa Catarina (RICCE et al. 2016) e com isso reduz a necessidade de irrigação da cultura do arroz. Ao mesmo tempo, esse fenômeno faz com que haja uma menor radiação solar e deste modo reduz o potencial produtivo da cultura (SUN et al. 2019). É comprovado que as diferentes condições de clima, até mesmo a época de plantio, conforme o fotoperíodo podem afetar os componentes de rendimento (SARTORI et al. 2013).

O Estado de Santa Catarina está sujeito a condições climáticas mais extremas devido a latitude em que se encontra (FERNANDES & RODRIGUES 2017). Quando Santa Catarina passa por evento de El Niño recebe chuvas em excesso e quando passa por La Nina tem escassez de chuvas na região (PEREIRA et al. 2021, HERRMANN 2014, KOUSKY et al. 1984). Tais condições climáticas têm levado historicamente a inundações e deslizamentos de terra com impactos significativos na infraestrutura, energia, agricultura e gestão de recursos hídricos (FERNANDES & RODRIGUES 2017).

A ocorrência de El Niño na safra de 2015 afetou diversas culturas quanto a produtividade no estado de Santa Catarina, dentre elas, as culturas de cebola, fumo, milho, arroz e feijão foram as mais afetadas (RICCE et al. 2016). A estiagem na safra de 2020/2021, devido a ocorrência de La Nina também afetou a agricultura em Santa Catarina, gerando um prejuízo de 4,2 bilhões à agricultura do Estado (SEAPDR 2022).

A condição ambiental de sombreamento pode afetar diretamente a eficiência de controle das plantas daninhas e/ou até mesmo aumentar a fitotoxicidade após a aplicação dos herbicidas (COSTA et al. 2018). A condição de sombreamento antes da aplicação do herbicida seguida de elevada luminosidade também afeta o desempenho do produto (CIESLIK et al. 2013). FALEIRO et al. 2021 identificaram que a redução da disponibilidade de radiação solar possibilita um maior desempenho do herbicida glyphosate no controle de capim-amor.

Apesar destas informações, existem poucos estudos que revelam o comportamento de herbicidas com relação à seletividade para o arroz em situações com diferentes níveis de luminosidade. O objetivo deste trabalho foi avaliar a resposta do arroz irrigado a herbicidas em função do sombreamento e da inundação do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

Local de condução

O experimento foi conduzido em casa de vegetação (temperatura máxima de 35 °C, temperatura mínima de 15 °C, umidade relativa de 25 a 60% e sem controle de fotoperíodo) nos anos de 2018 e 2019, entre a segunda quinzena de setembro a meados de dezembro. Em 2018, o experimento foi realizado no município de Rio do Sul, SC e em 2019 em Lages, SC.

As unidades experimentais consistiram de vasos plásticos com capacidade volumétrica de 8 dm³, o substrato utilizado para preenchimento das unidades experimentais foi solo agrícola peneirado oriundo de área experimental. A cultivar de arroz irrigado utilizada foi a SCS121 CL com densidade de 6 plantas vaso⁻¹, equivalente a uma densidade populacional de 150 plantas m⁻², a qual representa a população de plantas indicada para a cultura do arroz (SOSBAI 2018). A semeadura foi realizada em solo seco, a três centímetros de profundidade, simulando o sistema de produção em cultivo mínimo. Todas as práticas culturais foram realizadas seguindo as Recomendações Técnicas da Pesquisa para o Sul do Brasil (SOSBAI 2018).

Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com os tratamentos organizados em um esquema fatorial 2 x 2 x 4, com quatro repetições, totalizando 64 unidades experimentais. No fator A foram alocados dois regimes de saturação do solo após a aplicação dos herbicidas (sem ou com inundação do solo). O fator B consistiu da exposição das plantas a duas condições de luminosidade, desde a emergência até a aplicação dos herbicidas (sem ou com sombreamento). No fator C avaliou-se quatro tratamentos herbicidas: 1) testemunha sem herbicida, 2) Kifix® [imazapyr + imazapic], 3) Kifix® [imazapyr + imazapic] + Heat® (saflufenacil) e 4) Kifix® [imazapyr + imazapic] + Aurora® (carfentrazone).

A saturação do solo foi obtida por meio da manutenção de uma lâmina de água com altura de 3 cm, após a aplicação dos tratamentos herbicidas. Este manejo simula duas condições, a primeira em que a entrada da água na lavoura ocorre logo após a aplicação dos herbicidas (prática recomendada) e a segunda em que o orizicultor protela a entrada da água, mas sem submeter a planta ao estresse hídrico (solo com umidade, mas sem saturação). Esta condição foi estudada com a finalidade de avaliar se a adaptação da planta de arroz ao ambiente anaeróbico afeta a sensibilidade do arroz aos herbicidas aplicados em pós-emergência. Essa dúvida surgiu a partir de apontamentos de orizicultores e de observações de campo.

Os níveis de luminosidade foram obtidos pelo uso ou não de tela com 50% de sombreamento durante o crescimento inicial do arroz irrigado (da emergência até a aplicação dos herbicidas). O sombreamento foi suspenso após a aplicação dos tratamentos e as plantas foram expostas à radiação natural. Este procedimento teve o objetivo de simular a exposição de uma planta tratada com herbicida à radiação solar, após um período inicial de baixa disponibilidade de radiação solar (nebulosidade na implantação da lavoura).

Para os ingredientes ativos (i.a.) [imazapyr + imazapic], saflufenacil e carfentrazone aplicou-se os herbicidas comerciais (p.c.) Kifix® (dose: 140 g ha⁻¹ p.c. = 73,5 + 24,5 g i.a. ha⁻¹), Heat® (dose: 70 g ha⁻¹ p.c. = 49 g i.a. ha⁻¹) e Aurora® (dose: 100 mL ha⁻¹ p.c. = 40 g i.a. ha⁻¹), respectivamente.

Os tratamentos herbicidas foram aplicados quando as plantas de arroz estavam no estágio V₃/V₄ (três a quatro folhas completamente expandidas), com um pulverizador costal pressurizado a CO₂ munido de barra de quatro pontas de jato plano (modelo AD 110 02) espaçadas a 0,50 m, pressão de trabalho de 207 kPa, velocidade de deslocamento de 1,0 m s⁻¹ e barra distante 0,50 m do alvo. Essas condições operacionais proporcionaram uma taxa de aplicação equivalente a 200 L ha⁻¹.

Coleta e análise dos dados

As avaliações de fitotoxicidade foram realizadas aos 7, 14 e 28 dias após a aplicação dos herbicidas (DAA), por meio de uma escala percentual (0 a 100%), sendo 0 = nenhum sintoma visual e 100 = morte da planta (KUVA et al. 2016). Em 2019, realizou-se a avaliação do teor de clorofila pelo índice SPAD aos 7, 14 e 28 DAA. Essa avaliação foi realizada com um clorofilômetro Minolta SPAD 502, onde determinou-se o índice SPAD na última folha completamente expandida em todas as plantas da unidade experimental. Decorridos 28 DAA em 2018 e 50 DAA em 2019, avaliou-se as variáveis de crescimento: altura de plantas e massa seca da parte aérea.

Os dados foram inicialmente testados quanto à normalidade e homoscedasticidade de variâncias

pelos testes de Levene e Shapiro-wilk. Atendidas as pressuposições básicas, realizou-se a análise de variância. A comparação das médias se deu pela aplicação do teste de Tukey. O nível de significância adotado em todas as análises foi de 5% ($p < 0,05$). As análises foram realizadas com o software Sisvar (FERREIRA 2019). O modelo estatístico utilizado foi o seguinte:

$$y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + C_k + (AB)_{ij} + (AC)_{ik} + (BC)_{jk} + (ABC)_{ijk} + \epsilon_{ijk}$$

Em que:

y_{ij} é o valor observado no i -ésimo nível do Fator A e j -ésimo nível do Fator B;

μ é uma constante;

A_i é o efeito do i -ésimo nível do fator A;

B_j é o efeito do j -ésimo nível do fator B;

C_k é o efeito do k -ésimo nível do fator C;

$(AB)_{ij}$ é o efeito da interação entre A_i e B_j ;

$(BC)_{jk}$ é o efeito da interação entre B_j e C_k ;

$(AC)_{ik}$ é o efeito da interação entre A_i e C_k ;

$(ABC)_{ijk}$ é o efeito da interação entre A_i , B_j e C_k ;

ϵ_{ijk} é o componente de erro aleatório.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em Rio do Sul, no ano de 2018 observou-se que a associação dos herbicidas imazapyr + imazapic (IM) + carfentrazone (C) apresentou maior fitotoxicidade independente do ambiente (com/sem inundação ou sombreamento), com nível superior a 63% em todo o período avaliativo (Tabela 1). O IM + saflufenacil (S) também causou fitotoxicidade superior a 25% aos 7 DAA.

Tabela 1. Porcentagem de fitotoxicidade em plantas de arroz irrigado em função do herbicida, inundação do solo e sombreamento, aos 7, 14 e 28 DAA, em 2018 e 2019.

Table 1. Percentage of phytotoxicity in paddy rice plants as a function of herbicide, soil flooding and shading at 7, 14 and 28 DAA, in 2018 and 2019.

Herbicida	7 DAA							
	Rio do Sul (2018)				Lages (2019)			
	Inundação		Sombreamento		Inundação		Sombreamento	
	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem
Test	0,0 dA	0,0 dA	0,0 dA	0,0 dA	0,0 bA	0,0 bA	0,0 bA	0,0 bA
IM	3,3 cB	5,2 cA	4,0 cA	4,5 cA	6,1 bA	8,6 bA	9,0 bA	5,7 bA
IM + S	27,8 bA	25,3 bB	25,8 bA	27,2 bA	43,3 aA	33,7 aB	37,2 aA	39,9 aA
IM + C	72,1 aA	67,6 aB	71,0 aA	68,7 aB	45,7 aA	32,0 aB	35,3 aA	42,3 aA
CV (%)	7,5				33,7			
Herbicida	14 DAA							
	Rio do Sul (2018)				Lages (2019)			
	Inundação		Sombreamento		Inundação		Sombreamento	
	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem
Test.	0,0 dA	0,0 dA	0,0 dA	0,0 dA	0,0 cA	0,0 cA	0,0 bA	0,0 bA
IM	8,1 cB	14,6 cA	11,5 cA	11,2 cA	9,2 bA	9,1 bA	12,6 bA	5,7 bB
IM + S	13,8 bB	19,6 bA	18,7 bA	14,7 bB	38,1 aA	27,0 aB	30,5 aA	34,6 aA
IM + C	73,8 aB	79,0 aA	78,8 aA	74,0 aB	39,8 aA	27,0 aB	30,8 aA	38,8 aA
CV (%)	8,7				28,3			
Herbicida	28 DAA							
	Rio do Sul (2018)				Lages (2019)			
	Inundação		Sombreamento		Inundação		Sombreamento	
	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem
T	0,0 cA	0,0 dA	0,0 cA	0,0 dA	0,0 bA	0,0 bA	0,0 cA	0,0 bA
IM	1,5 cB	4,0 cA	2,5 cA	3,0 cA	2,3 bA	3,0 bA	3,6 bA	1,7 bA
IM + S	5,5 bA	7,2 bA	5,6 bA	7,1 bA	19,6 aA	16,3 aB	17,5 aA	18,5 aA
IM + C	63,1 aB	71,3 aA	68,8 aA	65,6 aB	19,8 aA	17,5 aA	17,1 aB	20,2 aA
CV (%)	10,9				24,4			

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna (herbicida) e maiúscula na linha (Inundação ou sombreamento) não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p>0,05$). T = testemunha sem herbicida, IM = [imazapyr + imazapic] 73,5 + 24,5 g i.a. ha⁻¹, S = saflufenacil 49 g i.a. ha⁻¹ e C = carfentrazone-ethyl 40 g i.a. ha⁻¹.

Resultado similar foi verificado por GALVIN et al. 2022 em plantas de arroz 7 DAA, onde houve atraso no crescimento e nanismo de plantas com a utilização do inibidor de Protox oxifluorfen, para controle de plantas espontâneas de *Oriza sativa* na Califórnia. A intensidade da injúria foi reduzindo com o tempo e aos 28 DAA atingiu níveis inferiores a 10%, o que corrobora com o descrito por outros trabalhos que apresentaram essa recuperação natural das plantas a fitotoxicidade por herbicidas (MARTINI et al. 2023, GALVIN et al. 2022). A aplicação de apenas IM resultou na menor fitotoxicidade durante as avaliações (Tabela 1). Com exceção do IM + C, os demais herbicidas apresentaram redução de fitotoxicidade durante o período de avaliação, indicando a recuperação natural do arroz às injúrias provocadas pelos herbicidas.

Em Lages, no ano de 2019, as associações de IM + C e IM + S apresentaram os maiores valores de fitotoxicidade durante o período avaliado (Figura 1), não se diferenciando significativamente ($p>0,05$). Enquanto que IM resultou na menor fitotoxicidade em todas as avaliações (Tabela 2), comportamento semelhante ao observado no experimento de 2018 em Rio do Sul.

O aumento da fitotoxicidade no arroz irrigado com a adição de saflufenacil ao [imazapyr + imazapic] também foi relatado por CATONI et al (2020). Aos 14 DAA houve aumento da fitotoxicidade verificada inicialmente para o herbicida IM, sendo que na avaliação posterior (28 DAA) os estes valores foram reduzidos, confirmando a capacidade de recuperação natural do arroz irrigado a fitotoxicidade dos herbicidas (Figura 2).

Esses resultados corroboram com o que foi descrito por HELGUEIRA et al. (2017), onde aos 21 DAA, as plantas de arroz se recuperaram das injúrias provocadas pelos herbicidas, independentemente do manejo de água adotado.



Figura 1. Fitotoxicidade em plantas de arroz irrigado em função do herbicida, inundação do solo e sombreamento aos 7 DAA. Lages, SC, 2019.

Figure 1. Rice injury as a function of herbicide, soil flooding and shading at 7 DAA. Lages, SC, 2019.

No ano de 2019, avaliou-se o teor de clorofila (Tabela 2), onde foi possível identificar que os herbicidas IM + C e IM + S reduziram o teor foliar de clorofila de maneira significativa, principalmente aos 7 e 14 DAA. Aos 28 DAA o efeito negativo dos herbicidas IM + C e IM + S sobre o teor de clorofila persistiram principalmente nas condições sem inundação e com sombreamento, respectivamente. O sintoma de clorose foi observado por MARTINI et al. (2023) em plantas de arroz aos 7, 14 e 28 DAA. Tal sintoma é evidenciado em suas fases iniciais, causando injúrias e reduzindo o rendimento principalmente em temperaturas amenas

(abaixo de 15 °C), onde ocorre a redução da seletividade de herbicidas, como os inibidores de acetato lactato sintase (ALS) e acetil-CoA carboxilase (ACCCase).

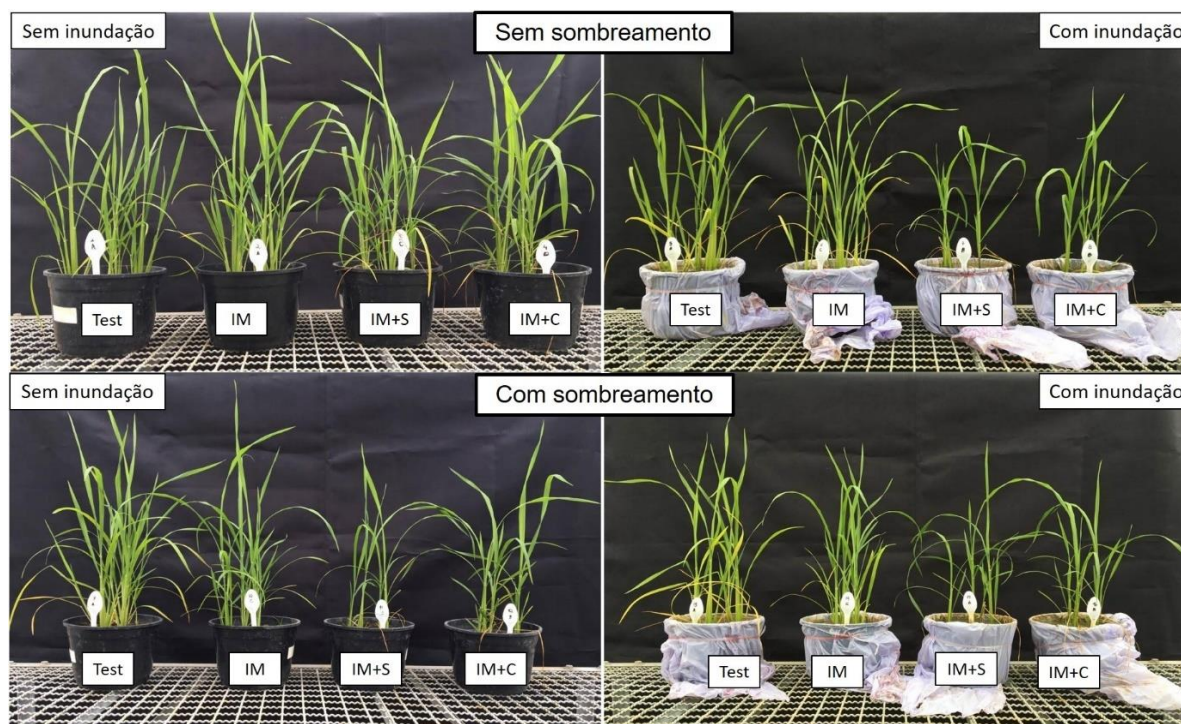


Figura 2. Fitotoxicidade em plantas de arroz irrigado em função do herbicida, inundação do solo e sombreamento aos 28 DAA. Lages, SC, 2019.

Figure 2. Rice injury as a function of herbicide, soil flooding and shading at 28 DAA. Lages, SC, 2019.

Tabela 2. Teor de clorofila (índice SPAD) em plantas de arroz irrigado em função do herbicida, inundação do solo e sombreamento. Avaliações realizadas aos 7, 14 e 28 DAA. Lages, SC, 2019.

Table 2. Chlorophyll content (SPAD index) in paddy rice plants as a function of herbicide, soil flooding and shading. Assessments carried out at 7, 14 and 28 DAA. Lages, SC, 2019.

Herbicida	7 DAA			
	Inundação		Sombreamento	
	Com	Sem	Com	Sem
T	14,6 aB	19,7 aA	16,6 aA	17,7 aA
IM	14,0 aB	20,1 aA	16,3 aA	17,8 aA
IM + S	6,4 bB	11,2 bA	7,4 bA	10,3 bA
IM + C	6,8 bA	9,9 bA	10,5 bA	6,2 bB
CV (%)	30,7			
Herbicida	14 DAA			
	Inundação		Sombreamento	
	Com	Sem	Com	Sem
T	17,5 aA	19,1 aA	17,7 aA	18,9 aA
IM	17,8 aA	21,2 aA	17,5 aB	21,6 aA
IM + S	5,6 bB	10,4 bA	6,9 bA	9,0 bA
IM + C	6,3 bB	10,7 bA	7,9 bA	9,1 bA
CV (%)	27,3			
Herbicida	28 DAA			
	Inundação		Sombreamento	
	Com	Sem	Com	Sem
T	32,8 aB	35,5 aA	33,8 aA	34,4 aA
IM	32,9 aA	34,7 aA	32,9 abA	34,7 aA
IM + S	31,6 aA	32,0 bA	30,7 bB	32,8 aA
IM + C	34,0 aA	31,5 bB	32,9 abA	32,6 aA

CV (%)

5,9

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna (herbicida) e maiúscula na linha (Inundação ou sombreamento) não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p>0,05$). T = testemunha sem herbicida, IM = [imazapyr + imazapic] 73,5 + 24,5 g i.a. ha⁻¹, S = saflufenacil 49 g i.a. ha⁻¹ e C = carfentrazone-ethyl 40 g i.a. ha⁻¹.

O índice de área foliar e a altura de plantas, constituem-se em um complemento da análise quantitativa do crescimento vegetal, possibilitando a determinação dos efeitos da utilização de diferentes manejos da cultura. O início da irrigação, sombreamento e a aplicação de herbicidas são manejos que podem influenciar nos índices de área foliar e altura das plantas (CARLESSO et al. 1998). A condição de alagamento do solo influencia menos no crescimento radicular do arroz, isto porque, a planta de arroz possui aerênquimas e não depende da aeração do solo para seu desenvolvimento, o que permite o crescimento e desenvolvimento da planta independentemente de como o solo se encontra (BEUTLER et al. 2012).

As avaliações de altura e massa seca foram realizadas aos 28 e 50 DAA (Tabela 3). Em Rio do Sul, identificou-se que os herbicidas reduziram o crescimento do arroz irrigado na maioria das situações. Os herbicidas que mais afetaram a altura de plantas e a massa seca da parte aérea foram IM + S e IM + C, respectivamente. Os herbicidas [imazapyr + imazapic] são inibidores da ALS que provocam a paralisação do crescimento, amarelecimento dos meristemas e redução no crescimento das raízes (CAPUTO et al. 2017). Isto foi confirmado por SCHELTER et al. (2021) onde identificou-se que a formulação de [imazapir + imazapic] suprimiu vários genótipos de arroz independente da dose. De modo geral, a inundação do solo favoreceu significativamente a altura de plantas, enquanto o sombreamento teve efeito negativo, principalmente para a variável massa seca da parte aérea.

Em Lages, o crescimento das plantas (altura e massa seca da parte aérea) não foi afetado pela aplicação do herbicida IM, não diferindo da testemunha sem herbicida (Tabela 3). Já IM + S e IM + C reduziram principalmente a altura de plantas, para a massa seca da parte aérea observou-se que a redução foi significativa na condição em que houve a inundação do solo e o sombreamento. GALVIN et al. (2022) identificaram nanismo e redução do estande de plantas com a aplicação do herbicida inibidor da Prottox oxifluorfen em arroz irrigado, demonstrando similaridade com o efeito dos herbicidas aqui apresentados.

Tabela 3. Altura e massa seca da parte aérea de arroz irrigado em função do herbicida, inundação do solo e sombreamento. Avaliações realizadas aos 28 e 50 DAA em Rio do Sul e Lages, respectivamente. 2018 e 2019.

Table 3. Plant height and shoot dry mass of paddy rice shoots as a function of herbicide, soil flooding and shading. Assessments carried out at 28 and 50 DAA in Rio do Sul and Lages, respectively in 2018 and 2019.

Herbicida	Altura de plantas (cm)							
	Rio do Sul (2018)				Lages (2019)			
	Inundação		Sombreamento		Inundação		Sombreamento	
	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem
T	21,3 aA	19,1 aB	19,5 aB	21,0 aA	43,7 abA	45,0 aA	45,1 aA	43,7 abA
IM	19,5 bA	15,5 bB	17,7 abA	17,2 cA	44,3 aA	44,5 aA	43,4 abA	45,5 aA
IM + S	19,3 bA	16,3 bB	16,6 bB	19,1 bA	40,0 bcA	40,3 bA	39,1 cA	41,3 bA
IM + C	12,8 cA	10,6 cB	11,6 cA	11,8 dA	39,5 cB	42,6 abA	40,9 bcA	41,3 bA
CV (%)	8,0				6,9			
Herbicida	Massa seca da parte aérea (g vaso ⁻¹)							
	Rio do Sul (2018)				Lages (2019)			
	Inundação		Sombreamento		Inundação		Sombreamento	
	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem
T	4,9 aB	6,2 aA	4,7 aB	6,4 aA	3,4 aB	5,9 aA	4,5 aA	4,8 aA
IM	3,2 bA	3,1 bA	2,6 bB	3,7 bA	3,7 aB	5,6 aA	4,3 aA	5,0 aA
IM + S	2,9 bA	2,9 bA	2,1 bB	3,7 bA	3,5 aA	4,3 bA	3,2 bB	4,7 aA
IM + C	0,7 cA	0,8 cA	0,5 cA	1,0 cA	3,2 aB	4,9 abA	3,8 abA	4,3 aA
CV (%)	21,2				18,8			

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna (herbicida) e maiúscula na linha (Inundação ou sombreamento) não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p>0,05$). T = testemunha sem herbicida, IM = imazapyr + imazapic 73,5 + 24,5 g i.a. ha⁻¹, S = saflufenacil 49 g i.a. ha⁻¹ e C = carfentrazone-ethyl 40 g i.a. ha⁻¹.

De forma geral, o herbicida foi o fator que mais prejudicou o crescimento do arroz irrigado, principalmente nas misturas de [imazapyr + imazapic] com inibidores da protox (saflufenacil e carfentrazone-ethyl). Os fatores inundação do solo e sombreamento não prejudicaram a altura de plantas e a massa seca da parte aérea, a única exceção foi a redução da massa seca da parte aérea com o solo inundado em 2019. Os resultados de altura e massa seca reforçam o que foi observado para fitotoxicidade e clorofila, indicando que apesar da redução das injúrias ao longo das avaliações houve comprometimento significativo do crescimento do arroz com a aplicação de herbicidas.

Através deste estudo foi possível compreender os efeitos de fitotoxicidade e modo de uso dos herbicidas testados em plantas de arroz. Frente aos fen menos climáticos, El Niño e La Nina, que se apresentam com maior intensidade no Estado de Santa Catarina faz-se necessário estudos aprofundados de como os herbicidas comercializados afetam as plantas no seu desenvolvimento. Os resultados aqui apresentados demonstram os efeitos de uma simulação de El Niño que pouco influenciaram em seu desenvolvimento, uma vez que houve uma recuperação natural da planta a fitoxicidade dos herbicidas.

CONCLUSÃO

O crescimento inicial do arroz irrigado, cultivar SCS121 CL, foi afetado pelo fator herbicida, principalmente na mistura de [imazapyr + imazapic] com saflufenacil ou [imazapyr + imazapic] com carfentrazone-ethyl. A inundação do solo e o sombreamento pouco influenciaram o crescimento do arroz e a seletividade dos herbicidas. A pesquisa permitiu compreender os efeitos dos herbicidas em plantas de arroz irrigado, frente aos fen menos climáticos que se apresentam com maior intensidade na região sul do Brasil. Para futuros estudos, sugere-se a avaliação do efeito de outros fatores climáticos sobre a seletividade dos herbicidas para o arroz irrigado, como a baixa temperatura, simulando a semeadura antecipada da cultura.

REFERÊNCIAS

- BEUTLER AM et al. 2012. Propriedades físicas do solo e produtividade de arroz irrigado em diferentes sistemas de manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 36: 1601-1607.
- CAPUTO GA et al. 2017. Efeito dos herbicidas imazapyr + imazapic e propanil e sua associação em diferentes espécies de plantas. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1077109/1/GermaniGiovanni.pdf>. Acesso em: 12 ago. 2022.
- CARLESSO R et al. 1998.  ndice de área foliar e altura de plantas de arroz submetidas a diferentes práticas de manejo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 2: 268-272.
- CATONI JM et al. 2020. Interação do tratamento de sementes e da mistura em tanque de herbicidas na seletividade para o arroz irrigado. *Revista de Ciências Agroveterinárias* 19: 16-25.
- CIESLIK LF et al. 2013. Fatores ambientais que afetam a eficácia de herbicidas inibidores da ACCase: revisão. *Planta Daninha* 31: 483-489.
- CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. 2022. Acompanhamento da Safra Brasileira de Gr os, Brasília: CONAB. (5  Levantamento da Safra 2021/22).
- CONCENÇO G et al. 2006. Controle de plantas daninhas em arroz irrigado em função de doses de herbicidas pr -emergentes e início da irrigação. *Planta Daninha* 24: 303-309.
- COSTA GA et al. 2018. Levels of shading and application of glyphosate and carfentrazone-ethyl in the control of *Macroptilium atropurpureum*. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 22: 819-824.
- EPAGRI/CEPA. 2022. Boletim Agropecuário. Florianópolis: EPAGRI. 49p. (Boletim agropecuário 104)
- FALEIRO EA et al. 2021. Integrated management of tough lovegrass (*Eragrostis plana* Nees): associating chemical control tools and plant physiology. *Ciência Rural* 51: 1-7.
- FERNANDES LG & RODRIGUES RR. 2017. Changes in the patterns of extreme rainfall events in southern Brazil. *International Journal of Climatology* 38: 1337-1352.
- FERREIRA DF. 2019. SISVAR: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. *Revista Brasileira de Biometria* 37: 529-535.
- GALVIN LB et al. 2022. Assessment of oxyfluorfen-tolerant rice systems and implications for rice-weed management in California. *Pest Management Science* 78: 4905-4912.
- HELGUEIRA DB et al. 2017. Weed management in rice under sprinkler and flood irrigation systems. *Planta Daninha* 36: e018177637.
- HERRMANN MLP. 2014. Atlas de Desastres Naturais do Estado de Santa Catarina: período de 1980 a 2010. atual. e rev. Florian polis: IHGSC/Cadernos Geográficos. 7p.
- KOUSKY VE et al. 1984. A review of the Southern Oscillation: oceanic-atmospheric circulation changes and related rainfall anomalies. *Tellus A: Dynamic Meteorology and Oceanography* 36: 490-504.
- KUVA MA et al. 2016. Experimentos de eficiência e praticabilidade agron mica com herbicidas. In: MONQUERO PA. Experimenta o com herbicidas. São Carlos: Rima. p.75-98.
- LACERDA MC & NOLDIN JA. 2021. Arroz: manejo de plantas daninhas. Brasília: Embrapa. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/arroz/producao/sistema-de-cultivo/arroz-irrigado->

- na-regiao-tropical/manejo-de-pragas/manejo-de-plantas-daninhas. Acesso em: 19 out. 2022.
- MARTINI LFD et al. 2023. Environmental conditions affect herbicide selectivity on paddy rice in Southern Brazil. *Ciência Rural* 53: 1-11.
- MACHADO SLO et al. 2006. Consumo de água e perdas de nutrientes e de sedimentos na água de drenagem inicial do arroz irrigado. *Ciência Rural* 36: 65-71.
- MOTA LM et al. 2020 Light availability interferes with absorption and translocation of ¹⁴C-glyphosate in *Urochloa brizantha* cv. Marandu plants. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* 326: 683-693.
- OLIVEIRA NETO AM et al. 2020. Off-season management as an alternative to reduce weed infestation in paddy rice production systems. *Planta Daninha* 38: e020228645.
- PEREIRA MFR et al. 2021. A systematic analysis of climate model precipitation in southern Brazil. *International Journal Of Climatology* 42: 4240-4257.
- RICCE WS et al. 2016 Estimativas de perdas na agricultura por chuvas excessivas no Alto Vale do Rio Itajaí em 2015. *Revista Agropecuária. Catarinense* 29: 42-45.
- ROMAN ES et al. 2005. Como funcionam os herbicidas: da biologia à aplicação. Passo Fundo: Berthier. 152 pg.
- SANTOS AB. 2021. Cultivo do arroz: sistemas de cultivo. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão. Disponível em: <https://www.embrapa.br/cultivo-do-arroz/producao/sistema-de-cultivo>. Acesso em: 03 fev. 2022.
- SARTORI GMZ et al. 2013. Rendimento de grãos e eficiência no uso de água de arroz irrigado em função da época de semeadura. *Ciência Rural* 43: 397-403.
- SEAPDR. 2022. RELATÓRIO ESTIAGEM Nº 07/2022. Disponível em: <https://www.agricultura.rs.gov.br/upload/arquivos/202204/04103732-relatorio-estiagem-07.pdf>. Acesso em: 20 out. 2022.
- SHELTER M et al. 2021. Sensibilidade de arroz-daninho oriundo de rebrote a imazapyr + imazapic. *Weed Control Journal* 20: e202100748.
- SOSBAI – SOCIEDADE SUL BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO. 2018. Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil. Cachoeirinha: SOSBAI. 205 pg.
- SUN R et al. 2019. Contrasting impacts of two types of El Niño on the yields of early rice in Southern China. *Agronomy Journal* 112: 1084-1100.