

EXTRESSE OXIDATIVO EM ARROZ IRRIGADO EM FUNÇÃO DE HERBICIDAS E SUBMERSÃO

Marcos Garcia Marchezan¹; Luis Antonio de Avila²; Dirceu Agostinetto³; Carlos Eduardo Schaedler⁴; Ana Claudia Langaro⁵; Claudia de Oliveira⁶; Rafael Heitor Sheren⁷.

Palavras-chave: atividade enzimática, cultivares, regimes hídricos.

INTRODUÇÃO

Muitas áreas de cultivo de arroz do estado do Rio Grande do Sul, principalmente aquelas próximas a rios, estão sujeitas a submersão em períodos chuvosos. Em determinados anos, o fenômeno “*El Niño*” é um dos principais responsáveis por chuvas intensas durante a época de início do desenvolvimento da cultura do arroz. Esse fenômeno, dependendo da intensidade, geralmente provoca perdas consideráveis de produtividade, havendo necessidade de ressemeadura do arroz ou abandono da lavoura.

A submersão do arroz pode reduzir o afilhamento, alongar os colmos, aumentar a síntese de etileno e estimular a produção de aerênquima (BRESSAN et al., 2004). Desse modo, plantas submetidas a esse estresse podem apresentar tolerância reduzida a alguns herbicidas, sendo que, a exposição por longos períodos de estresse pode causar a morte de plantas. Nesses casos, embora o arroz possua tolerância a determinado herbicida, esse mesmo produto pode provocar alterações fisiológicas e bioquímicas como efeito secundário de herbicidas, causando estresses metabólicos em plantas (ROUCHAUD et al., 2000). Diante disso, pode ocorrer maior efeito fitotóxico dos herbicidas quando combinados a outros fatores externos como caracteres climáticos no momento após aplicação.

Para diminuir os danos causados pelo estresse oxidativo, as plantas dispõem de sistema de defesa que inclui diversas enzimas antioxidantes em diferentes compartimentos celulares. Dentre as principais enzimas podemos citar a superóxido dismutase (SOD), que juntamente com outras enzimas promovem a eliminação das espécies reativas de oxigênio (EROs), principais causadoras do estresse oxidativo. O grau de estresse oxidativo em uma célula é determinado pela quantidade de superóxido, peróxido de hidrogênio e radicais hidroxilas. Portanto, o balanço da atividade das enzimas antioxidantes é crucial na supressão de níveis tóxicos de EROs nas células (DREW, 1997).

Em vista do exposto, o objetivo do experimento foi avaliar a atividade da enzima SOD, em duas cultivares de arroz irrigado submetidas ao estresse oxidativo induzido pela submersão total das plantas e por herbicidas utilizados na cultura do arroz irrigado.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação e em laboratório pertencente à Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM) da Universidade Federal de Pelotas (UFPel), no município do Capão do Leão-RS, durante o ano agrícola de 2012/13. O delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso em esquema fatorial (2X2X6) com três repetições. O fator A foi composto por duas cultivares de arroz irrigado (Puitá INTA CL e BRS Querência), o fator B consistiu de dois regimes hídricos (lâmina de água e submersão total) e o fator C foi composto pelos herbicidas: Gamit[®] (clomazone, 500 g i.a. L⁻¹

¹ Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade – UFPel, Bolsista CAPES, Rua Gonçalves Chaves 65, apto 205B, Pelotas-RS, marchezan_mg@hotmail.com.

² Eng. Agr. PhD. Professor Adjunto do Departamento de Fitossanidade, Universidade Federal de Pelotas.

³ Eng. Agr. Dr. Professor Adjunto do Departamento de Fitossanidade, Universidade Federal de Pelotas.

⁴ Eng. Agr. Dr. Professor Adjunto do curso de Agronomia na Universidade Federal do Pampa.

⁵ Mestranda, Universidade Federal de Pelotas - UFPel.

⁶ Doutoranda, Universidade Federal de Pelotas - UFPel.

⁷ Graduando, Universidade Federal de Pelotas - UFPel.

¹), Nominee[®] (bispyribac sodium, 400 g i.a. L⁻¹), Ricer[®] (penoxsulam, 240 g i.a. L⁻¹), Only[®] (imazethapyr + imazapic, 125 + 75 g i.a. L⁻¹), Kifix[®] (imazapyr + imazapic, 525 + 175 g i.a. kg⁻¹) nas doses 500, 50, 60, 75+25, 73,5+24,5 g i.a ha⁻¹, respectivamente e mais uma testemunha sem aplicação de herbicidas.

As unidades experimentais foram compostas por vasos plásticos com capacidade de 800 mL, sendo preenchidas com solo homogeneizado, peneirado e adubado, conforme a recomendação para a cultura (SOSBAI, 2012). A adubação nitrogenada foi realizada no mesmo dia da aplicação dos herbicidas. A semeadura ocorreu no dia 13/11/2012, após isso, foram realizadas irrigações diárias com a finalidade de manter o solo próximo à capacidade de campo, até os tratamentos serem aplicados.

Os herbicidas foram aplicados em pós-emergência (um dia antes da submersão e do estabelecimento da lâmina de água) no estádio vegetativo V3-V4 (COUNCE et al., 2000), com exceção do herbicida clomazone, o qual foi aplicado em pré-emergência da cultura. Para a aplicação dos herbicidas, foi utilizado um pulverizador costal de precisão, pressurizado por CO₂, equipado com barra munida de quatro pontas de jato plano do tipo leque, série 110-02, espaçadas 50 cm, calibrado para aplicar um volume de calda de 150 L ha⁻¹.

A submersão dos vasos ocorreu em bandejas plásticas de 73 L (60 x 35 x 35 cm de comprimento, largura e profundidade, respectivamente) preenchidas completamente até o nível máximo, nos tratamentos com submersão total, e com 10 cm de lâmina de água nos tratamentos com lâmina que simulavam condições ideais para o desenvolvimento da cultura.

Amostras da parte aérea das plantas foram coletadas 24 horas após a aplicação dos regimes hídricos tanto para os herbicidas de pós-emergência quanto para o herbicida de pré-emergência. Para o herbicida clomazone as amostras foram coletadas aos 20 dias após a aplicação do herbicida enquanto para os demais herbicidas a coleta ocorreu 48 horas após a aplicação dos mesmos. Essas amostras foram congeladas em nitrogênio líquido e imediatamente armazenadas a -80 °C, para posterior determinação da atividade da enzima SOD. A atividade da enzima SOD foi determinada segundo metodologia adaptada de Peixoto (1999).

Os dados foram testados quanto ao atendimento das pressuposições da variância (normalidade dos erros e homogeneidade das variâncias), transformando-se quando necessário. Após a análise de variância, utilizou-se o teste *t* para comparação das médias no caso de diferença significativa entre as cultivares e regime hídricos ou teste de Duncan ($P \leq 0,05$) para comparação entre os tratamentos herbicidas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados obtidos atenderam as pressuposições da análise de variância, sendo que não houve interação tripla entre os fatores, também não foi observada a interação entre regimes hídricos e herbicidas. Porém, houve interação ($p \leq 0,05$) entre as cultivares testadas e o regime hídrico. A cultivar BRS Querência apresentou maior atividade da enzima SOD em relação a cultivar Puitá INTA CL para ambos os regimes hídricos (Figura 1). Além disso, foi observado maior atividade dessa enzima no regime hídrico com plantas completamente submergidas para a cultivar BRS Querência comparado com o tratamento com lâmina de água, enquanto que na cultivar Puitá INTA CL não houve diferença entre os regimes hídricos. Como consequência do estresse oxidativo causado pela submersão, as plantas podem apresentar respostas metabólicas aumentando a atividade de enzimas antioxidantes, dentre elas, a SOD. A SOD tem sido extensivamente investigada por apresentar atividade induzida sob condições de estresse oxidativo, metabolizando com isso, os radicais superóxido produzidos (CATANEO et al., 2005).

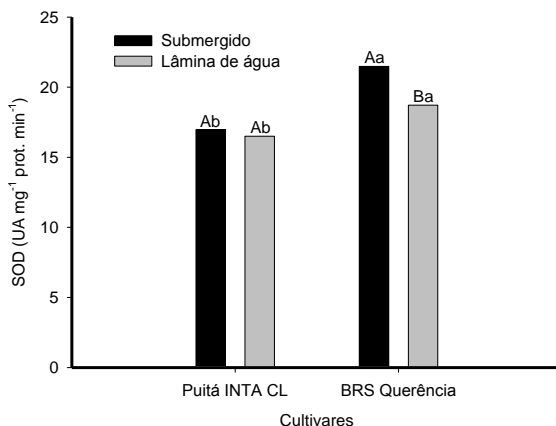


Figura 1. Atividade da enzima SOD (UA mg⁻¹ prot. min⁻¹) em duas cultivares de arroz irrigado sob diferentes regimes hídricos. Letras maiúsculas comparam regimes hídricos para cada cultivar pelo teste *t* ($p \leq 0,05$); letras minúsculas comparam cultivares no mesmo regime hídrico pelo teste *t* ($p \leq 0,05$).

Houve interação ($p \leq 0,05$) entre as cultivares e herbicidas utilizados (Tabela 2). A cultivar Puitá INTA CL apresentou atividade da enzima SOD menor que a cultivar BRS Querência, tanto na testemunha quanto no tratamento em que foi aplicada a mistura formulada dos herbicidas imazapyr + imazapic. Esse comportamento era esperado, pois a mistura formulada dos herbicidas imazapyr + imazapic não é seletiva para a BRS Querência, causando severo estresse às plantas, estimulando o aumento da atividade da enzima SOD. Porém a diferença entre as testemunhas das duas cultivares testadas poderá ser explicada por uma característica intrínseca da cultivar BRS Querência por apresentar maior atividade dessa enzima.

Na avaliação dos tratamentos herbicidas na cultivar BRS Querência não foi observada diferença entre a mistura formulada dos herbicidas imazapyr + imazapic, que apresentou maior atividade da enzima SOD, e a testemunha. Os tratamentos que receberam os herbicidas clomazone, bispyribac sodium e a mistura formulada dos herbicidas imazethapyr + imazapic, não diferiram da testemunha, porém o herbicida penoxsulam causou menor atividade da enzima SOD, diferindo dos tratamentos com as misturas formuladas dos herbicidas imazethapyr + imazapic, imazapyr + imazapic e da testemunha, que apresentaram as maiores atividades enzimáticas. Nesse caso, a avaliação da atividade da enzima SOD avaliada após 48 horas da aplicação pode não ser um parâmetro eficiente na avaliação do estresse causado pelos herbicidas, para a cultivar BRS Querência.

Tabela 2. Atividade da enzima SOD (UA mg⁻¹ prot. min⁻¹) em duas cultivares de arroz irrigado submetidas a aplicação de diferentes herbicidas. Capão do Leão, RS, 2012.

Herbicida	Atividade da enzima SOD (UA mg ⁻¹ prot. min ⁻¹)		
	Dose (g i.a. ha ⁻¹)	Puitá INTA CL	BRS Querência
testemunha	-----	16,81 B ¹ ab ²	20,82 Aab
clomazone	500	17,24 Aab	19,76 Abc
bispyribac sodium	50	17,74 Aa	18,14 Abc
penoxsulam	60	16,69 Aab	16,7 Ac
imazethapyr + imazapic	75 + 25	17,67 Aa	21,23 Aab
imazapyr + imazapic	73,5 + 24,5	14,18 Bb	23,29 Aa

¹ Letras maiúsculas comparam cultivares pelo teste *t* ($p \leq 0,05$)

² Letras minúsculas comparam herbicidas pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$).

Para a cultivar Puitá INTA CL não houve efeito dos herbicidas na atividade da SOD. No entanto, houve menor atividade da SOD no tratamento com a mistura formulada dos herbicidas imazapyr + imazapic, diferindo dos tratamentos com bispyribac sodium e da mistura de imazethapyr + imazapic e estes, não diferiram dos demais tratamentos. O aumento da atividade antioxidante da enzima SOD ocorreu em resposta ao estresse imposto por determinados herbicidas com respostas diferenciadas em relação às cultivares utilizadas. Provavelmente, esse comportamento ocorreu devido à elevação da quantidade de radicais superóxido (O₂⁻) e pela tentativa de promover a dismutação desse radical a peróxido de hidrogênio (SINHA et al. 2006).

CONCLUSÃO

A cultivar Puitá INTA CL é menos sensível ao estresse por submersão, por apresentar menor variação da atividade da enzima SOD em ambos os regimes hídricos.

A cultivar BRS Querência apresentou menor atividade da enzima SOD para o herbicida penoxsulam. Porém é necessário avaliar a resposta dessa cultivar em um período maior entre a aplicação e a coleta das amostras evidenciando que o período de 48 horas pode ter sido insuficiente para que a planta expresse essa resposta fisiológica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRESSAN, R.A. et al. Fisiologia do estresse. In: TAIZ, L.; ZEIGER, E. (Eds.). **Fisiologia vegetal**, 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. p.613-643.
- CATANEO, A.C et al. Atividade de superóxido dismutase em plantas de soja (*Glycine max* L.) cultivadas sob estresse oxidativo causado por herbicida. **Revista Brasileira de Herbicidas** v.4, n.2, p.23-31, 2005.
- COUNCE, P. et al. A uniform, objective, and the adaptive system for expressing rice development. **Crop Science**, v.40, n.2, p.436-443, 2000.
- DREW, M.C. Oxigen deficiency and root metabolism: injury and acclimation under hypoxia and anoxia. **Annual Reviews Plant Physiology**, v.48, p.223-250, 1997.
- PEIXOTO, P.H.P. Aluminum effects on lipid peroxidation and on the activities of enzymes of oxidative metabolism in sorghum. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.11, n.3, p.137-143, 1999.
- ROUCHAUD, J. Soil dissipation of diuron, chlorotoluron, simazine, propyzamide, and diflufenican herbicides after repeated applications in fruit tree orchards. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, v.39, n.1, p.60-65, 2000.
- SINHA, S. et al. Effect of iron on lipid peroxidation, and enzymatic and nonenzymatic antioxidants and bacoside-a content in medicinal plant *Bacopa monnieri* L. **Chemosphere**, v.62, n.8, p.1340-1350, 2006.
- SOCIEDADE SUL BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO - SOSBAI. Arroz Irrigado: Recomendações Técnicas da Pesquisa para o Sul do Brasil In: **XXIX Reunião Técnica da Cultura do Arroz Irrigado**. 28. Gravatal, 2012. Anais do...Gravatal, 2012. 188p.