

FITOTOXICIDADE E PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO EM PLANTAS DE ARROZ SUBMETIDAS À HERBICIDAS EM CONDIÇÕES DE SALINIDADE NA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO

Ítalo Lucas de Moraes¹; Cristina Copstein Cuchiara²; Gabriele Espinel Ávila²; Diogo da Silva Moura²; Lariza Benedetti²; Marcelo Peres³; Sidnei Deuner⁴

Palavras-chave: *Oryza sativa* L., controle químico, estresse salino, herbicidas.

INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa* L.), é uma das fontes de alimento mais importantes, responsável por nutrir cerca de 50% da população mundial. Todavia, a produção mundial de arroz tem de aumentar em pelo menos 70% até 2050, a fim de atender a demanda da população (WANG, 2013).

O início do século 21 é marcado pela escassez global de recursos hídricos, poluição ambiental e aumento da salinização do solo e da água. O aumento da população humana e redução de terras disponíveis para o cultivo são duas ameaças para a sustentabilidade da agricultura (SHAHBAZ & ASHRAF, 2013).

O estresse salino é o segundo estresse abiótico mais importante como limitante à produtividade do arroz, particularmente nas zonas costeiras. A condutividade elétrica (CE) é o atributo mais frequentemente usado para monitorar os níveis de salinidade da água. Em condições de campo, reduções de um terço no rendimento de grãos podem ocorrer quando o arroz é cultivado em uma condutividade elétrica (CE) de 2,0 dS m⁻¹, reduzindo a metade em níveis de 4,0 dS m⁻¹, sendo estes níveis de salinidade, considerados baixo e moderado estresse salino, respectivamente. Alguns estudos mostram que menos de 5,0 dS m⁻¹ se mostra letal para o arroz (THITISAKSUKUL, 2015).

Na cultura do arroz, o controle químico de plantas daninhas se constitui na principal tática para o manejo destas. Os herbicidas, quando seletivos à cultura pelo metabolismo diferencial, apresentam riscos de ocorrência de injúrias às plantas, pois a eficácia dos herbicidas é extremamente dependente das condições ambientais, e estas podem alterar a capacidade de absorção, de translocação e de detoxificação dessas moléculas (MATZENBACHER, 2014). Portanto, é de vital importância o estudo das variações ambientais e seu impacto sobre as operações de manejo na cultura do arroz.

Em virtude de não haver dados relativos ao efeito destes herbicidas, quando aplicados no arroz irrigado em condições de salinidade, objetivou-se com este trabalho, verificar a possível associação dos sintomas de fitotoxicidade de herbicidas na cultura do arroz irrigado ao conteúdo de peróxido de hidrogênio (H₂O₂) foliar em condições de salinidade na água de irrigação.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido durante o ano agrícola de 2014/15. As unidades experimentais foram compostas por baldes plásticos com capacidade para oito litros, os quais foram preenchidos com solo coletado de área de várzea. Foi realizada análise prévia quanto aos atributos químicos do solo, laudo realizado no laboratório de análise de solos pertencente ao Departamento de Solos da Universidade Federal de Pelotas.

¹Doutorando em Fisiologia Vegetal, Departamento de Botânica/DB, Instituto de Biologia/IB, Universidade Federal de Pelotas/UFPel, Caixa Postal 354, CEP 96010 – 900, Capão do Leão, RS, Brasil, Fone: (53) 3275-7640/Fax: (53) 3275-7169, italolucasmoraes@gmail.com

²Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal, DB, IB, UFPel.

³Graduando em Agronomia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel/FAEM, UFPel.

⁴Professor Adjunto, DB, IB, UFPel.

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso em esquema fatorial (A x B), sendo o fator A composto pela salinidade na água de irrigação (A₁ salina ou A₂ não salina) e o fator B formado pelos tratamentos: controle (B₁ sem herbicida), profloridim (B₂), clomazone (B₃) e bispiribaque-sódico (B₄) nas dosagens de 170, 600 e 50 g.i.a. ha⁻¹. Cada tratamento constituiu-se de cinco repetições, a cultivar de arroz utilizada foi IRGA 424, na população de 15 plantas por vaso, totalizando a densidade de 300 plantas por metro quadrado.

A escolha dos herbicidas se deu em função do padrão de fitotoxicidade observado, assim como da frequência de seu uso comercial em lavouras de arroz irrigado. Todos os herbicidas utilizados foram testados na presença (A₂) ou ausência (A₁) de salinidade na água de irrigação. Os herbicidas foram aplicados em pós-emergência (antes do estabelecimento da lâmina de água) no estágio vegetativo V3-V4 segundo Counce et al. (2000), seguido de uma adubação nitrogenada em cobertura. Para a aplicação dos herbicidas, foi utilizado um pulverizador costal de precisão, pressurizado por CO₂, equipado com barra composta de quatro pontas de pulverização jato plano do tipo leque, série 110-02, espaçadas em 50 cm, calibrado para aplicar um volume de calda de 150 L ha⁻¹.

Antes do início do estabelecimento da lâmina de irrigação foi fornecida água para manter o substrato na capacidade de campo. Durante o desenvolvimento das plântulas e condução do experimento, as mesmas receberam adubação, conforme as recomendações técnicas da cultura (SOSBAI, 2012). Um dia após a aplicação dos herbicidas foi efetuada irrigação, adicionando uma lâmina de água de 2,5 cm. Essa lâmina de água foi mantida na condição salina em uma condutividade de 7,5 dS m⁻¹, para o fator A₂ (salinidade) essa por sua vez, aferida por meio de um condutímetro, e nos vasos correspondentes ao fator A₁ (não salino), foi adicionada água destilada. A cada dia foi aferida a condutividade elétrica da lâmina de irrigação dos baldes, para reposição da água na condutividade suficiente para formar a concentração inicial.

Os sintomas de fitotoxicidade das plantas, foram avaliados visualmente atribuindo-se notas que variam de 0 (sem sintomas) a 100% (plantas mortas) aos sete, 14, 21 e 28 dias após a aplicação (DAA) dos herbicidas (SBCPD, 1995).

O conteúdo de H₂O₂ foi determinado aos sete e 14 DAA em aproximadamente 500 mg de massa fresca obtida de folhas de arroz. Os tecidos foram macerados em tampão de extração contendo ácido tricloroacético (TCA) a 0,1%. O homogenato foi centrifugado a 12.000 g, durante 20 minutos e o sobrenadante obtido foi transferido para *ependorf* de 2 mL.

Os dados foram submetidos à análise de variância para testar as fontes de variação e suas possíveis interações. As médias foram comparadas entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade de erro, utilizando para tal, o software estatístico WinStat (MACHADO & CONCEIÇÃO, 2003).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a variável fitotoxicidade, em todos os períodos avaliados houve diferença significativa ($p < 0,05$) quando avaliados os tratamentos herbicida (fator B) isoladamente quanto à presença ou ausência da salinidade na água de irrigação (fator A), com exceção do herbicida profloridim aos sete e aos 28 DAA, clomazone aos 14 DAA e bispiribaque-sódico aos 28 DAA (Tabela 1). Também ocorreu diferença significativa comparando-se cada nível salino quanto aos diferentes herbicidas ($p < 0,05$). O herbicida clomazone na ausência da salinidade apresentou os maiores valores médios, sendo 52; 56; e 64 aos sete, 14, 21 e 28 DAA. Já na presença de estresse salino, embora este herbicida tenha apresentado valores superiores que o controle aos sete e aos 14 DAA, a partir deste período, ocorreu uma recuperação dos sintomas visuais, não diferindo significativamente. Negrisoli (2010) verificou para o mesmo herbicida na mesma dosagem, uma maior porcentagem de fitotoxicidade nas plantas, 77% aos sete e 87,9% aos 26 DAA.

Tabela 1. Valores médios de fitotoxicidade de herbicidas aplicados no arroz irrigado, cultivar IRGA 424, acrescidos ou não de 7,5 dS m⁻¹ de NaCl na água de irrigação aos sete, 14, 21 e 28 dias após a aplicação (DAA) dos herbicidas.

| Tratamento | 7 DAA | | 14 DAA | | 21 DAA | | 28 DAA | |
|---------------------|----------------------|------------------------|----------------------|------------------------|----------------------|------------------------|----------------------|------------------------|
| | 0 dS m ⁻¹ | 7,5 dS m ⁻¹ | 0 dS m ⁻¹ | 7,5 dS m ⁻¹ | 0 dS m ⁻¹ | 7,5 dS m ⁻¹ | 0 dS m ⁻¹ | 7,5 dS m ⁻¹ |
| Controle | 0 Cb | 11 Ba | 0 Cb | 18 Ba | 0 Cb | 19 Aa | 0 Cb | 20 ABa |
| proflodim | 12 Ba | 15 Ba | 12 Bb | 24 Ba | 12 Bb | 26 Aa | 20 Ba | 24 Aa |
| clomazona | 52 Aa | 38 Ab | 56 Aa | 38 Aa | 64 Aa | 28 Ab | 64 Aa | 22 ABb |
| bispiribaque-sódico | 6 BCb | 14 Ba | 6 BCb | 24 Ba | 5 BCb | 18 Aa | 10 BCa | 12 Ba |

*Letras iguais não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, sendo que, letras maiúsculas, comparam os tratamentos dentro de cada coluna, e letras minúsculas, comparam dentro de cada linha.

O bispiribaque-sódico na ausência de estresse salino apresentou baixos valores de fitotoxicidade nos períodos de avaliação, quando comparados aos demais herbicidas, tendo este, a menor fitotoxicidade. Este mesmo herbicida quando testado quanto a condição salina também se mostrou com baixos valores de fitotoxicidade, evidenciando que a associação dos estresses não alterou este parâmetro.

Para a variável H₂O₂, houve diferença significativa para os dois fatores analisados (p<0,005).

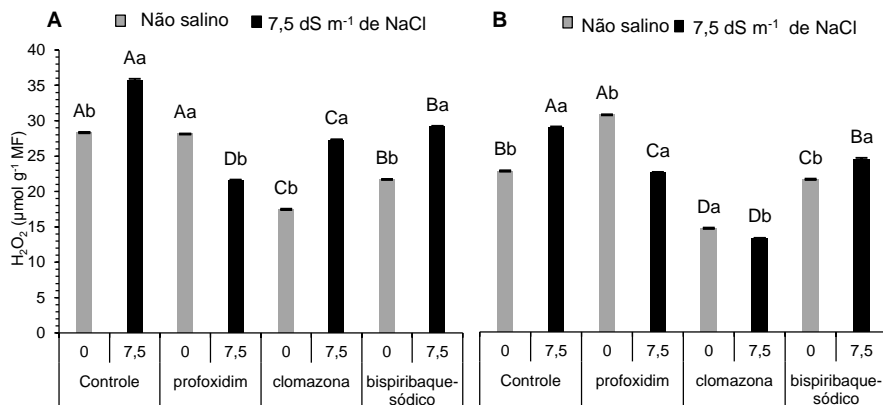


Figura 1. Conteúdo de peróxido de hidrogênio em folhas de arroz aos sete (A) e aos 14 DAA (B) na cultivar IRGA 424 submetida a diferentes tratamentos herbicidas na presença ou ausência de 7,5 dS m⁻¹ de NaCl na água de irrigação. Letras iguais não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, sendo que, letras maiúsculas, comparam os diferentes herbicidas dentro de cada nível de salinidade, e letras minúsculas, comparam os dois níveis de salinidade para cada herbicida.

Aos sete e aos 14 DAA o herbicida clomazone apresentou os menores valores de H₂O₂, indicando que a fitotoxicidade promovida por este herbicida não está relacionada a produção deste radical, pois a fotooxidação da clorofila promovida pelo tratamento com este herbicida provavelmente é o primeiro evento a mostrar sintomas nas folhas. O herbicida proflodim mostrou uma considerável fitotoxicidade em relação ao controle, ficando abaixo apenas do tratamento com clomazone sem adição de sal (Tabela 1). Alguns trabalhos indicam que a ação fitotóxica dos graminicidas é mediada pela formação espécies reativas de oxigênio (RADCHENKO et al., 2014). Desta forma, a fitotoxicidade observada pode ser devido, em parte, a formação do radical H₂O₂.

Todos os tratamentos herbicidas associados a salinidade apresentaram valores de peróxido H₂O₂ abaixo do controle com sal, nestes também se verificou baixos valores de fitotoxicidade (não diferindo do controle com sal). Radchenko et al. (2014) observaram uma diminuição dos efeitos fitotóxicos pela aplicação de fenoxaprop, um herbicida também inibidor de ACCase sob condições déficit hídrico, sendo esse estresse, um dos efeitos associados a salinidade. Portanto, os sintomas observados se devem a toxidez promovida pelo efeito do NaCl.

CONCLUSÃO

O herbicida clomazone não apresenta fitotoxicidade associada ao H₂O₂ ao passo que profloridim possivelmente esteja associado.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- COUNCE, P. A. et al. A uniform, objective, and adaptative system for expressing rice development. **Crop Science**, Madison, v. 40, n. 2, p. 436-443, 2000.
- MACHADO, A. de A.; CONCEIÇÃO, A.R. **WinStat: sistema de análise estatística para Windows**. Versão 2.0. Pelotas: UFPel/NIA, 2003.
- NEGRISOLI, E.; TRINDADE, M. L. B.; VELINI, E. D.; CORRÊA, M. R.; PERIM, L.; ROSSI, C. V. S. Seletividade da cultura do arroz, a tratamentos com clomazone aplicado isolado e combinado com um polímero e um protetor de semente. In: **XXVII CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 2010**, Ribeirão Preto – SP.
- MATZENBACHER, F.O. et al. Environmental and physiological factors that affect the efficacy of herbicides that inhibit the enzyme protoporphyrinogen oxidase: a literature review. **Planta daninha**, Viçosa, v. 32, n. 2, p. 457-463, 2014.
- RADCHENKO, M. P. et al. Decrease of the herbicide fenoxaprop phytotoxicity in drought conditions: the role of the antioxidant enzymatic system. **Journal of plant protection research**, v. 54, p. 390-394, n. 4, 2014.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS - SBCPD. **Procedimentos para a instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas**. Londrina: 1995. 42p.
- SHAHBAZ, M., ASHRAF, M. Improving salinity tolerance in cereals. *Crit. Rev. Plant Sci*, 32, 237-249, 2013.
- SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO (SOSBAI) Arroz Irrigado: **recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. Porto Alegre, RS: SOSBAI, 179p. 2012.
- THITISAKSAKUL, M.; TANANUWONG, K.; SHOEMAKER, C. F.; CHUN, A.; TANADUL, O.; LABAVITCH, J. M.; BECKLES, D. M. Effects of Timing and Severity of Salinity Stress on Rice (*Oryza sativa* L.) Yield, Grain Composition, and Starch Functionality. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 63, p. 2296 - 2304, 2015.
- WANG, Y.; ZHANG, L.; NAFISAH, A.; ZHU, L.; XU, J.; LI, Z. Selecti on efficiencies for improving drought/salt tolerances and yield using introgression breeding in rice (*Oryza sativa* L.). **The Crop Journal**, v. 1, p. 134–142, 2013.