

ATIVIDADE DA GUAIACOL PEROXIDASE EM MARACUJÁ AMARELO (*Passiflora edulis* Sims) TRATADAS COM STIMULATE®, ÁCIDO SALICÍLICO E NITROPRUSSIATO DE SÓDIO SOB DEFICIÊNCIA HÍDRICA

Marcos Ferreira Ameida², Raul Antônio Araújo do Bomfim⁵, Leandro Dias da Silva⁴, Paulo Araquém Ramos Cairo³, Mateus Pires Barbosa⁵, Milton Carriço Sá², Leonardo Santos Oliveira², Sávio da Paz Brito²

RESUMO

O aumento da concentração de espécies reativas de oxigênio (ERO) é geralmente observado em plantas submetidas à deficiência hídrica. Enzimas antioxidantes, como a peroxidase do guaiacol (GPX), podem ajudar a degradar algumas ERO, mitigando assim o estresse oxidativo. O objetivo do trabalho foi avaliar o potencial de aplicações exógenas de três insumos – Stimulate® (0,5 mL L⁻¹); ácido salicílico (ASL, 2,5 µM); e nitroprussiato de sódio (SNP, 100 µM), na mitigação do estresse oxidativo, baseado na atividade da GPX, em plantas jovens de maracujazeiro amarelo submetidas à deficiência hídrica. O experimento foi realizado em casa de vegetação, em delineamento inteiramente casualizado, com arranjo fatorial 4x2, que corresponde a aplicações exógenas dos três insumos e tratamento controle (sem aplicação), e regimes de irrigação baseados em 90 e 30% da capacidade do vaso. Comparando com irrigação 90%, verificou-se que a atividade da GPX aumentou sob irrigação 30%, mas somente em plantas que receberam aplicações exógenas dos insumos. O aumento percentual da atividade enzimática em plantas submetidas à deficiência hídrica foi maior com a aplicação exógena de SNP (151%), seguido de Stimulate® (118%) e ASL (101%). Em suma, os três insumos, notadamente o SNP, contribuem para mitigar o estresse oxidativo, pois promovem um aumento na atividade da GPX em plantas jovens de maracujazeiro amarelo submetidas à deficiência hídrica.

Palavras-chave: Enzimas antioxidantes, espécies reativas de oxigênio, estresse hídrico.

GUAIACOL PEROXIDASE ACTIVITY IN YELLOW PASSION FRUIT (*Passiflora edulis* Sims) TREATED WITH STIMULATE®, SALICYLIC ACID AND SODIUM NITROPRUSSIATE UNDER WATER DEFICIENCY

ABSTRACT

The increase in the concentration of reactive oxygen species (ROS) is generally observed in plants subjected to water deficit. Antioxidant enzymes such as guaiacol peroxidase (GPX) can help to degrade some ROS, thus mitigating oxidative stress. The objective of this work was to evaluate the potential of exogenous applications of three inputs – Stimulate® (0.5 mL L⁻¹); salicylic acid (SA, 2.5 µM); and sodium nitroprusside (SNP, 100 µM), in the mitigation of oxidative stress, based on GPX activity, in young yellow passion fruit plants submitted to water deficit. The experiment was carried out in a greenhouse, in a completely randomized design, with a 4x2 factorial arrangement, which corresponds to exogenous applications of the three inputs and control treatment (without application), and irrigation regimes based on 90 and 30% of the plant capacity. vase. Comparing with 90% irrigation, it was found that GPX activity increased under 30% irrigation, but only in plants that received exogenous applications of the inputs. The percentage increase in enzymatic activity in plants subjected to water deficit was greater with the exogenous application of SNP (151%), followed by Stimulate® (118%) and ASL (101%). In short, the three inputs, notably the

¹Apoio financeiro: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, ²Graduando em Engenharia Agrônômica, Programa de Iniciação Científica, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), ³Professor Titular, Programa de Pós-Graduação em Agronomia (PPGAGRO-UESB), ⁴Bolsista Pós Doc (PPGAGRO-UESB), ⁵Engenheiro Agrônomo, Mestrando (PPGAGRO-UESB).

SNP, contribute to mitigating oxidative stress, as they promote an increase in GPX activity in young yellow passion fruit plants subjected to water deficit.

Keywords: Antioxidant enzymes, reactive oxygen species, water stress

INTRODUÇÃO

O estresse hídrico pode limitar o cultivo do maracujazeiro em regiões com chuvas escassas e irregulares. Nessas condições, é recomendável utilizar tecnologias de cultivo que possam influenciar algumas características fisiológicas e bioquímicas, de modo a mitigar os efeitos negativos do estresse hídrico sobre o crescimento (FREIRE et al., 2014). Dentre os efeitos da deficiência hídrica, verifica-se comumente uma diminuição na assimilação de CO₂, formando as espécies reativas de oxigênio (ERO). Enzimas antioxidantes, como a peroxidase do guaiacol (GPX), podem ajudar a degradar algumas ERO, mitigando assim o estresse oxidativo.

Alguns insumos, quando aplicados exogenamente, são capazes de acionar o sistema enzimático atenuador do estresse oxidativo, favorecendo o crescimento sob deficiência hídrica.

O Stimulate® é um bioestimulante vegetal comercial, fabricado pela Stoller do Brasil Ltda, composto por três reguladores vegetais: ácido 4-indol-3-ilbutírico (0,005%), que é convertido a ácido indolacético (AIA) na célula vegetal, cinetina (0,009%) e ácido giberélico (0,005%) (STOLLER, 2022). O ácido salicílico (ASL) é um hormônio de caráter fenólico, que atua como molécula sinalizadora (HARA et al., 2012). O nitroprussiato de sódio (SNP) é uma pequena molécula gasosa, considerada como radical livre, que, entre outras funções, ativa enzimas antioxidantes que atuam na degradação das ERO (BATISTA et al., 2018).

O objetivo deste estudo foi avaliar o potencial de aplicações exógenas de três insumos – Stimulate®, ácido salicílico e nitroprussiato de sódio – na mitigação do estresse oxidativo, com base na atividade da GPX, em plantas jovens de maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* Sims) submetidas à deficiência hídrica.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em casa de vegetação, no *campus* da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB) em Vitória da Conquista, BA (14°53'08" S e 40°48'02" W, altitude 881 m), entre os meses de janeiro e maio de 2022. O clima, conforme classificação de Köppen, é do tipo Cwb (tropical úmido), com temperaturas entre 16,1 °C (mínima) e 26,4 °C (máxima), e média anual de 20,2 °C. Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, com arranjo fatorial 4 × 2, que corresponderam a aplicações exógenas de três insumos (Stimulate® 0,5 mL L⁻¹, ASL 2,5 mM e SNP 100 µM), e um tratamento controle (sem aplicação de insumos); e dois regimes de irrigação (baseados em 90% e 30% da capacidade do vaso).

Mudas de maracujá amarelo com 60 dias de idade foram transplantadas em vasos (20 dm³) contendo areia lavada, previamente passada em peneira de malha 5 mm. Inicialmente, as mudas passaram por um processo de aclimação, sendo mantidas a 100% da capacidade de vaso. Os regimes de irrigação foram implementados aos 45 dias após o transplantio (DAT), sendo a irrigação baseada na pesagem dos vasos e adição de água deionizada, quando necessário. As aplicações exógenas de Stimulate®, ASL e SNP foram feitas na forma de pulverizações com soluções de 30 mL planta⁻¹ de cada insumo. As pulverizações foram realizadas a cada sete dias, seguindo-se o cronograma: aos 31 e 38 DAT, e aos 45, 52 e 59 DAT – antes e a partir da implantação dos regimes de irrigação, respectivamente.

Aos 70 dias após a implantação dos regimes de irrigação, as plantas foram retiradas dos vasos. Foram colhidas amostras de 20 mg de material liofilizado,

macerado em nitrogênio líquido, para avaliação da atividade da GPX, conforme Pirovani et al. (2008). Avaliações sobre homogeneidade de dados e distribuição normal dos resíduos basearam-se nos testes de Cochran e Lilliefors, respectivamente. Os dados foram submetidos à análise de variância e comparações múltiplas de médias pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas plantas sob irrigação a 90%, não houve variações na atividade da GPX, independentemente da aplicação dos insumos. No entanto, sob irrigação a 30%, a aplicação dos insumos promoveu um aumento na atividade de GPX, em comparação com a irrigação 90%. Esse aumento foi mais acentuado nas plantas que receberam aplicação de SNP (151%), seguido das aplicações de Stimulate® (118%) e ASL (101%). A atividade da GPX não variou entre os regimes de irrigação nas plantas controle (Figura 1).

O efeito positivo do SNP, na condição de doador de NO, pode ser atribuído à atuação dessa molécula na promoção do aumento da atividade de enzimas antioxidantes (BELIGNI; LAMATTINA, 1999). O NO pode reduzir os níveis tóxicos de radicais livres lipídicos, ânions superóxidos (O_2^-) e peróxido de hidrogênio (H_2O_2) (HU et al., 2016), atenuando assim o estresse oxidativo em plantas submetidas à deficiência hídrica (GHADAKCHIASL et al., 2017). Em relação ao Stimulate® e ASL, os seus efeitos positivos sobre a atividade da GPX podem ser atribuídos à presença de hormônios e reguladores de crescimento na sua composição química, que também atuam na ativação de enzimas antioxidantes, reduzindo os níveis de O_2^- e H_2O_2 , conforme atestam estudos realizados em plantas de canola (LA et al., 2019) e tomate (LOBATO et al., 2021).

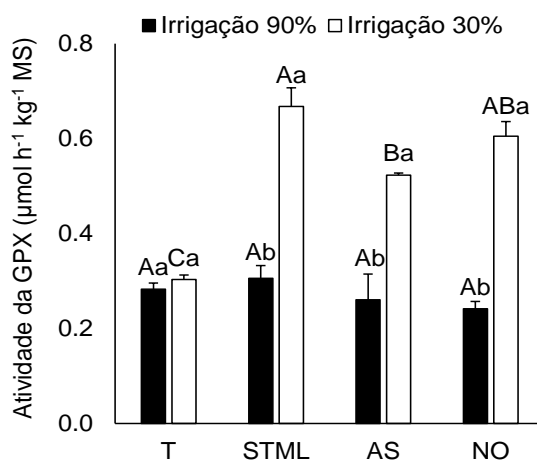


Figura 1. Atividade da GPX em plantas jovens de maracujá amarelo sem aplicação de insumos (AS); com aplicação exógenas de Stimulate® (STML), ASL e SNP, submetidas aos regimes de irrigação de 90% e 30%. Letras maiúsculas comparam dados entre aplicações de insumos, enquanto letras minúsculas comparam dados referentes aos regimes de irrigação.

CONCLUSÕES

Conclui-se que as aplicações dos três insumos, notadamente o SNP, contribuem para mitigar o estresse oxidativo, pois promovem um aumento da atividade da GPX em plantas jovens de maracujazeiro amarelo submetidas à deficiência hídrica.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia pela concessão da bolsa.

REFERÊNCIAS

1. BATISTA, P.F.; COSTA, A.C.; MULLER, C.; SILVA-FILHO, R.O.; SILVA, F.B.; MERCHANT, A.; MENDES, G.C.; NASCIMENTO, K.J.T. Nitric oxide mitigates the effect of water deficit in *Crambe abyssinica*. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 129, p. 310–322, 2018.
2. FREIRE, J.L.O.; DIAS, T.J.; CAVALCANTE, L.F.; FERNANDES, P.D.; LIMA NETO, A. J. Rendimento quântico e trocas gasosas em maracujazeiro amarelo sob salinidade hídrica, biofertilização e cobertura morta. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 1, p. 82-91, 2014.
3. GHADAKCHIASL, A.; MOZAFARI, A.; GHADERI, N.A. Mitigation by sodium nitroprusside of the effects of salinity on the morpho-physiological and biochemical characteristics of *Rubus idaeus* under in vitro conditions. **Physiology and Molecular Biology of Plants**, v. 23, p. 73-83, 2017.
4. HARA, M.; FURUKAWA, J.; SATO, A.; MIZOGUCHI, T.; MIURA, K. Abiotic stress and role of salicylic acid in plants. In: AHMAD, P.; PRASAD, M.N.V. (Ed.). Abiotic stress responses in plants. **New York, Springer**, 2012. p. 235-251.
5. KILLI, D.; RASCHI, A.; BUSSOTTI, F. Lipid peroxidation and chlorophyll fluorescence of photosystem II performance during drought and heat stress is associated with the antioxidant capacities of C3 sunflower and C4 maize varieties. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 21, n. 1, p. 4846, 2020.
6. LA, V.H.; LEE, B.R.; ISLAM, M.T.; PARK, S.-H.; JUNG, H.; BAE, D.-W. Characterization of salicylic acid-mediated modulation of the drought stress responses: reactive oxygen species, proline, and redox state in *Brassica napus*. **Environmental and Experimental Botany**, v. 157, p. 1-10, 2019.
7. LOBATO, A.K.S.; BARBOSA, M.A.M.; ALSAHLI, A.A.; LIMA, E.J.A.; SILVA, B.R.S. Exogenous salicylic acid alleviates the negative impacts on production components, biomass and gas exchange in tomato plants under water deficit improving redox status and anatomical responses. **Physiology Plantarum**, v. 172, p. 869-884, 2021.
8. OLIVEIRA, F.A.; MEDEIROS, J.F.; CUNHA, R.C.; SOUZA, M.W.L.; LIMA, L.A. Uso de bioestimulante como agente amenizador do estresse salino na cultura do milho pipoca. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 2, p. 307-315, 2016.
9. PIROVANI, C.P.; CARVALHO, H.A.S.; MACHADO, R.C.R.; GOMES, D.S.; ALVIM, F.C.; POMELLA, A.W.V.; GRAMACHO, K.P.; CASCARDO, J.C.M.; PEREIRA, G.A.G.; MICHELI, F. Protein extraction for proteome analysis from cacao leaves and meristems, organs infected by *Moniliophthora perniciosa*, the causal agent of the witches' broom disease. **Electrophoresis**, v. 29, n. 11, p. 2391-2401, 2008.
10. SAPETA, H.; COSTA, M.; LOURENÇO, T.; MAROCOD, J.; VAN-DERLINDE, P.; OLIVEIRA, M.M. Drought stress response in *Jatropha curcas*: growth and physiology. **Environmental and Experimental Botany**, v. 85, p. 76-84, 2013.
11. STOLLER – Stoller do Brasil Ltda. **Por que Stimulate® é diferente?** Disponível em: <<https://www.stoller.com.br/solucoes/fisiologicos/stimulate/>>. Acesso em: Março de 2022.