

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 31/05/2023.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP

CÂMPUS DE JABOTICABAL

**ÁCIDO SALICÍLICO NA INDUÇÃO DE RESISTÊNCIA A
ESCALDADURA EM CANA-DE-AÇÚCAR EM
CONDIÇÕES DE DEFICIÊNCIA HÍDRICA**

Lucas da Silva Souza

Engenheiro Agrônomo

2022

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP

CÂMPUS DE JABOTICABAL

**ÁCIDO SALICÍLICO NA INDUÇÃO DE RESISTÊNCIA A
ESCALDADURA EM CANA-DE-AÇÚCAR EM
CONDIÇÕES DE DEFICIÊNCIA HÍDRICA**

Discente: Lucas da Silva Souza

Orientadora: Dra. Priscila Lupino Gratão

**Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências
Agrária e Veterinárias – Unesp, Câmpus de
Jaboticabal, como parte das exigências para a
obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal**

S729a

Souza, Lucas da Silva

Ácido salicílico na indução de resistência a escaldadura em
cana-de-açúcar em condições de deficiência hídrica / Lucas da Silva
Souza. -- Jaboticabal, 2022
46 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal
Orientadora: Priscila Lu

1. *Xanthomonas albilineans*. 2. Deficiência hídrica. 3. *Saccharum*
spp.. 4. Ácido salicílico. 5. Indução de resistência. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

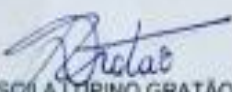
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: ÁCIDO SALICÍLICO NA INDUÇÃO DE RESISTÊNCIA A ESCALDADURA EM CANA-DE-AÇÚCAR EM CONDIÇÕES DE DEFICIÊNCIA HÍDRICA

AUTOR: LUCAS DA SILVA SOUZA

ORIENTADORA: PRISCILA LUPINO GRATÃO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em AGRONOMIA (PRODUÇÃO VEGETAL), pela Comissão Examinadora:


Profa. Dra. PRISCILA LUPINO GRATÃO (Participação Virtual)
Departamento de Biologia / FCAV, UNESP, Jaboticabal


Pesquisador Dr. RICARDO JARDIM DE PAULA (Participação Virtual)
ADAMA Brasil / Londrina / PR


Prof.ª Dr.ª ANA CAROLINA FIRMINO (Participação Virtual)
Zootecnia / Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas - Unesp - Dracena

Jaboticabal, 31 de maio de 2022

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

LUCAS DA SILVA SOUZA, filho de Edvaldo Oscar de Souza e Delfina Maria da Silva, paulista, natural da cidade de Tupi Paulista – SP, nasceu em 19 de janeiro de 1996. Foi alfabetizado e cursou o ensino fundamental e médio na escola E.E. Prof. Salvador Ramos de Moura em São João do Pau D’Alho – SP. Formou-se em Engenharia Agrônômica pela Universidade Estadual Paulista – Unesp, Campus de Jaboticabal em 2018. Esteve vinculado durante a graduação ao Grupo de Estudo em Máquinas e Mecanização Agrícola de Precisão (GEMMAP), onde obteve duas bolsas de extensão. Também desenvolveu pesquisa com cogumelos comestíveis, com foco em desenvolvimento de métodos de adubação de substratos, cuja pesquisa foi desenvolvida com uma bolsa FAPESP. O TCC foi realizado com uma pesquisa em métodos alternativos de controle de doença na cultura do eucalipto, onde obteve um prêmio de excelência acadêmica. Em março de 2020 ingressou no mestrado em Agronomia (Produção Vegetal) na Universidade Estadual Paulista – UNESP, Campus de Jaboticabal, onde desenvolveu pesquisa com foco em o desenvolvimento de um método alternativo de controle da doença escaldadura da folha na cultura da cana-de-açúcar, com foco no aspecto fisiológico, sob orientação da Professora Doutora Priscila Lupino Gratão.

AGRADECIMENTOS

A minha mãe, que sempre me apoiou e fez de tudo para que meus objetivos sejam realizados.

Aos meus amigos (as), que sei que posso contar para qualquer necessidade e sempre estão presentes quando precisei tirar minha mente dos problemas.

A minha orientadora, Priscila Lupino Gratão, que sempre foi paciente e prestativa em frente a todos os problemas que apareceram.

Aos meus companheiros (as) de sala de aula da Produção Vegetal, com que, neste tempo convivi e que me fizeram me sentir bem vindo ao programa.

A Unesp e os professores do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, por me fornecerem a oportunidade de realizar um mestrado, além de também de crescer intelectualmente.

Aos membros do laboratório de fisiologia vegetal, Regis, Clebson, Rafaella, Mayara e Sonia, que fizeram todo o possível para me ajudar a concluir este projeto.

Aos membros da bancada examinadora, pela disponibilidade em participarem da banca de defesa e pela contribuição intelectual.

Por fim, a todos, que de forma direta ou indireta, participaram desta etapa tão importante da minha vida e que não foram citados aqui.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

ÁCIDO SALICÍLICO NA INDUÇÃO DE RESISTÊNCIA A ESCALDADURA EM CANA-DE-AÇÚCAR EM CONDIÇÕES DE DEFICIÊNCIA HÍDRICA

RESUMO – A produção brasileira de cana-de-açúcar encontra-se estagnada desde 2010 em função de problemas fitossanitários. Uma das doenças que afeta substancialmente a cana-de-açúcar é conhecida como escaldadura da folha, causada pela bactéria *Xanthomonas albilineans*. Atualmente, o único método de controle efetivo é o uso de cultivares resistentes. Entretanto, este método é passível de erros. Por conta disso, a busca por meios alternativos de controle torna-se de suma importância, como a indução da resistência, e entre estes indutores encontra-se o ácido salicílico (AS). Assim, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência da aplicação do AS no controle da escaldadura em duas cultivares de cana-de-açúcar, sendo uma suscetível a *Xanthomonas albilineans*, cultivar SP78-4467, e a outra, considerada resistente à doença, cultivar SP80-3280. Diferentes concentrações de AS ($0 \mu\text{mol L}^{-1}$ e $72 \mu\text{mol L}^{-1}$) foram aplicadas por um período de 90 dias, e em seguida as plantas foram transplantadas para vasos maiores contendo solo. Após um período de 30 dias, as plantas foram inoculadas com a bactéria *Xanthomonas albilineans*, e após 10 dias depois da inoculação foi realizada a deficiência hídrica até o CRA atingir 40%, em seguida as plantas foram coletadas para análises laboratoriais. Ambos os estresses causaram uma queda na concentração de clorofila e carotenoides. Os tratamentos que passaram por déficit hídrico apresentaram menor potencial hídrico foliar, mas o AS promoveu um aumento nesse potencial na cultivar SP80-3280, isto pois o AS está relacionado com genes exclusivos de cultivares resistentes a seca. O AS também causou um aumento na concentração da prolina, e atividade da SOD, GPOX e GSH-Px em diferentes cultivares quando as plantas foram inoculadas e sob deficiência hídrica. De modo geral, a aplicação de AS promoveu atenuação nos danos causados pela bactéria, sendo a cultivar susceptível a mais responsiva a aplicação do AS.

Palavras-chaves: Ácido salicílico, Indução de resistência, Resposta antioxidante, *Saccharum spp.*, *Xanthomonas albilineans*, Deficiência hídrica.

SALICYLIC ACID IN THE INDUCTION OF LEAF SCALD RESISTANCE IN SUGAR CANE IN WATER DEFICIENCY CONDITIONS

ABSTRACT -The Brazilian production of sugarcane has been stagnant since 2010 due to phytosanitary problems. One of the diseases that substantially affects sugarcane is known as leaf scald caused by the bacterium *Xanthomonas albilineans*. Currently, the only effective control method is the use of resistant cultivars. However, this method is prone to error. Because of this, the search for alternative means of control becomes important, such as the use of elicitors like salicylic acid (SA). Thus, the present work aimed to evaluate the efficiency of the application of SA in the control of leaf scald in two sugar cane cultivars, SP78-4467 (susceptible to *Xanthomonas albilineans*) and, SP80 -3280 (resistant to *Xanthomonas albilineans*). Different concentrations of SA ($0 \mu\text{mol L}^{-1}$ and $72 \mu\text{mol L}^{-1}$) were used for a period of 90 days, and then the plants were transplanted to larger pots containing soil. After a period of 30 days, the plants were inoculated with the bacterium *Xanthomonas albilineans*, and 10 days after inoculation, water deficit was performed until the CRA reached 40%, then the plants were collected for laboratory analysis. Both stresses caused a drop in the concentration of chlorophyll and carotenoids. The treatments that underwent water deficit had lower leaf water potential, but SA promoted an increase in this potential in cultivar SP80-3280, this because SA is related to genes exclusive to drought-resistant cultivars. AS also caused an increase in proline concentration, and SOD, GPOX and GSH-Px activity in different cultivars when plants were inoculated and under water deficit. In overall results, SA promoted attenuation of the damages caused by the bacteria, with the susceptible cultivar being the most responsive to the application of SA.

Keywords: Antioxidant response, Resistance induction, *Saccharum* spp., Salicylic acid, *Xanthomonas albilineans*, Water deficiency.

1 INTRODUÇÃO

O *Saccharum* spp., conhecido no Brasil popularmente como cana-de-açúcar é cultivado em diversas partes do mundo, tendo como principais produtores o Brasil, Índia, China e Paquistão, com produção total, respectivamente, de 757,1; 370,5; 108,1; 81 milhões de toneladas no ano de 2020 (FAO, 2020).

Como apresentado pela FAO (2020), embora a produção brasileira de cana-de-açúcar seja alta, em torno de 750 milhões de toneladas, ela encontra-se estagnada, não ocorrendo aumento significativo na sua produção desde 2010. Em função disso, há um grande esforço nas áreas aplicadas para promover soluções para os limitadores de produtividade, ou seja, fatores que estão impedindo este aumento na produção, entre eles, os problemas fitossanitários.

Segundo Saumtally e Dookun-Saumtally (2004) uma das doenças que afeta substancialmente a cana-de-açúcar é conhecida como escaldadura da folha, causada pela bactéria *Xanthomonas albilineans*, ao qual inibe o xilema.

O único método de controle efetivo, além de medidas quarentenárias, é o uso de cultivares resistentes ao patógeno (Ricaud et al., 2012; Saumtally e Dookun-Saumtally, 2004).

A *Xanthomonas albilineans* é uma bactéria que apresenta grande diversidade genética, e é atualmente classificada em três serovars (Zhang et al., 2020). Essa variação genética permite que o patógeno consiga quebrar a resistência das cultivares efetivas contra a doença mais facilmente (Rott e Davis, 2000). Isso demonstra que a utilização de cultivares resistente é uma medida que pode não ser efetiva, possibilitando, um surto repentino da doença nos canaviais brasileiros. Assim, a utilização de cultivares resistentes para controle da doença acaba limitando o produtor, que é forçado a escolher cultivares que apresentam resistência a escaldadura da folha em detrimento a outras cultivares, limitando o potencial de produtividade daquela área.

O ambiente é muito importante na interação entre doença e planta, onde suas mudanças podem afetar a ocorrência da doença nas plantas (Monteiro et al., 2006).

Por conta disso, a busca por meios alternativos de controle torna-se importante, não somente para a escaldadura, mas para um grande número de doenças e pragas que acometem as culturas. Entre esses meios alternativos, a indução de resistência tem se destacado tanto na cultura da cana-de-açúcar (Amnaa et al., 2020, Ashwin et al., 2017) quanto para o arroz (Lu et al., 2020), citrus (Wang et al., 2020), entre outras culturas.

A indução de resistência é um estado fisiológico onde a capacidade de defesa natural da planta torna-se estimulada por uma variedade de estresses, sejam estes bióticos ou abióticos (Choudhary et al., 2007, Romanazzi et al., 2016).

O ácido salicílico (AS) pertence ao um grupo diversificado de compostos fenólicos nas plantas, normalmente definidos como substâncias que possuem anel aromático contendo um grupo hidroxila ou seu derivado funcional, que pode ser ativamente conjugado ou metabolizado, e também transportado rapidamente do seu ponto inicial de aplicação para outros tecidos da planta (Popova et al., 1997).

O AS é um importante mediador na resposta da planta a ataque de patógenos e pode ser considerado um indutor de resistência, com a primeira evidência desta função reportada por White (1979), onde plantas de tabaco apresentaram maior resistência ao vírus do mosaico do tabaco, reduzindo o número e tamanho das lesões necróticas. Recentes publicações têm demonstrado que o uso do AS, de forma isolada ou em conjunto com outras substâncias, promove resistência as plantas atacadas por patógenos, tanto para aplicação como pré-tratamento de sementes ou diretamente em plantas doentes (Narasimhamurthy et al., 2019, Maity et al., 2018, Leiwakabessy et al., 2017, Yuan et al., 2019, Shi et al., 2019, Chen et al., 2020, Zhou et al., 2018).

Diante dessas informações, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito do uso de ácido salicílico (AS) no controle da doença escaldadura da folha através dos parâmetros fisiológicos e bioquímicos analisados.

6 CONCLUSÃO

De maneira geral, os resultados demonstram que a bactéria e a deficiência hídrica provocam alterações e danos no metabolismo das plantas. O AS causou a diminuição da concentração de pigmentos fotossintéticos quando aplicado de forma isolada, mas em situação de estresse causou o aumento da concentração de carotenoides, atividades da prolina e GPOX na cultivar susceptível a doença, e aumento do potencial hídrico foliar, atividade da SOD e GSH-Px na cultivar resistente a doença, resultando num aumento das respostas antioxidantes enzimáticas da cana-de-açúcar. Assim, é possível concluir que o AS tem potencial para ser utilizado como indutor de resistência na cana-de-açúcar inoculada e sob deficiência hídrica, sendo mais eficiente na cultivar susceptível a doença.

7 REFERÊNCIAS

- AFZAL F., KHURSHID R., ASHRAF M., KAZI A.G. (2014) Reactive Oxygen Species and Antioxidants in Response to Pathogens and Wounding. **Oxidative Stress and Antioxidant Defense** 13:397-424.
- ALAMER, K. H., & FAYEZ, K. A. (2020). Impact of salicylic acid on the growth and physiological activities of parsley plants under lead toxicity. **Physiology and Molecular Biology of Plants**, 26(7), 1361-1373.

AMNAA; XIA, Y.B; FAROOQ, M.A.C; JAVED, M.T.D; KAMRAN, M.A.E; MUKHTAR, T.A; ALI, J.A; TABASSUM, T.F; REHMAN, S.U.G; HUSSAIN MUNIS, M.F.A; SULTAN, T.F; CHAUDHARY, H.J (2020). Multi-stress tolerant PGPR *Bacillus xiamenensis* PM14 activating sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) red rot disease resistance. **Plant Physiology and Biochemistry**.

ARDELEAN, M., CACHITA-COSMA, D., ARDELEAN, A., LADASIU, C., MIHALI, V. C. (2014) The effect of heat stress on hyperhydricity and guaiacol peroxidase activity (gpx) at the foliar lamina of *Sedum telephium* l. ssp. *maximum* (l.) krock. vitroplantlets. **Analele Stiintifice ale Universitatii "Al. I. Cuza" din Iasi**, v. 60, n. 2, p. 21.

ASHWIN, N. M. R.; BARNABAS, L.; SUNDAR, A. R.; MALATHI, P.; VISWANATHAN, R.; MASI, A.; AGRAWAL, G.K.C.D; RAKWAL, R. (2017) Comparative secretome analysis of *Colletotrichum falcatum* identifies a ceratoplatanin protein (EPL1) as a potential pathogen-associated molecular pattern (PAMP) inducing systemic resistance in sugarcane. **Journal of proteomics**, v. 169, p. 2-20.

BALDO, M., STANGARLIN, J. R., FRANZENER, G., ASSI, L., KUHN, O. J., SCHWAN-ESTRADA, K. R. F. (2011) Detecção in situ de espécies reativas de oxigênio em feijoeiro tratado com extratos de *Pycnoporus sanguineus* e inoculado com *Colletotrichum lindemuthianum*. **Summa Phytopathologica**, v. 37, p. 174-179.

BANDYOPADHYAY, U., DAS, D., BANERJEE, R. K. (1999) Reactive oxygen species: oxidative damage and pathogenesis. **Current science**, p. 658-666.

BARBOSA, M. R., SILVA, M. M. D. A., WILLADINO, L., ULISSES, C. CAMARA, T. R. (2014) Geração e desintoxicação enzimática de espécies reativas de oxigênio em plantas. **Ciência Rural**, v. 44, p. 453-460.

BATES, L. S.; WALDREN, R. P.; TEARE, I. D. (1973) Rapid determination of free proline for water-stress studies. **Plant and Soil**, v. 39, p. 205-207.

BERTONCELLI, D. J., MAZARO, S. M., ROCHA, R. D. C. D. S., POSSENTI, J. C., DOS SANTOS REY, M., ZORZZI, I. C. (2015) Ácido salicílico na indução de resistência a doença sem pepino e controle de *Pythium* sp. in vitro. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 14, n. 2, p. 124-131.

BLOKHINA, O., FAGERSTEDT, K. V. (2010) Reactive oxygen species and nitric oxide in plant mitochondria: origin and redundant regulatory systems. **Physiologia Plantarum**, v. 138, n. 4, p. 447-462.

BORSATTI, F. C., MAZARO, S. M., DANNER, M. A., NAVA, G. A., DALACOSTA, N. L. (2015) Indução de resistência e qualidade pós-colheita de amora-preta tratada com ácido salicílico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, p. 318-326.

BRUMBLEY, S. M.; PETRASOVITS, L. A.; MURPHY, R. M.; NAGEL, R. J.; CANDY, J. M.; HERMANN, S. R. (2004) Establishment of a functional genomics platform for *Leifsonia xyli* subsp. *xyli*. **Molecular plant-microbe interactions**, v. 17, p. 175-183.

CANAKCI, S., MUNZUROĞLU, Ö. (2009) Effects of salicylic acid on growth and chlorophyll destruction of some plant tissues. **World Journal of Agricultural Sciences**, v. 5, n. 5, p. 577-581.

CAVALCANTE, V.S., PRADO, R. M., VASCONCELOS, R. L., CAMPOS, C.N.S. (2016) Iron concentrations in sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) cultivated in nutriente solution. **Agrociência**, v.50, p. 867-875.

CERVANTES-ROMERO, B., PÉREZ-RODRÍGUEZ, P., ROTT, P., VALDEZ-BALERO, A., OSNAYA-GONZÁLEZ, M., ROBLEDO-PAZ, A., HERNÁNDEZ-JUÁREZ, C., CROSSA, J., ROSAS-SAITO, G., SILVA-ROJAS, H. V. (2021) Distribution, phylogeny, and pathogenicity of *Xanthomonas albilineans* causing sugarcane leaf scald in Mexico. **Crop Protection**, v. 150, p. 105799.

CHEN, Y., SUN, J., LIN, H., LIN, M., LIN, Y., WANG, H., HUNG, Y. C. (2020) Salicylic acid reduces the incidence of *Phomopsis longanae* Chi infection in harvested longan fruit by affecting the energy status and respiratory metabolism. **Postharvest Biology and Technology**, v. 160, p. 111035.

CHOUDHARY, D. K., PRAKASH, A., JOHRI, B. N. (2007) Induced systemic resistance (ISR) in plants: mechanism of action. **Indian Journal of Microbiology**, v. 47, n. 4, p. 289-297.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento (2022). Acompanhamento de safra brasileira de cana-de-açúcar. Safra 2019/2020. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana>. **Último acesso**: 01/05/2022.

CONTILIANI, D. F., DE OLIVEIRA NEBÓ, J. F. C., RIBEIRO, R. V., ANDRADE, L. M., PEIXOTO JÚNIOR, R. F., LEMBKE, C. G., MACHADO, R.S., SILVA, D.N., BELLOTI, M., SOUZA, G.M., PERECIN, D., PEREIRA, T.C., PIRES, R.C.M., FONTOURA, P.R., LANDELL, M.G.A., FIGUEIRA, A., CRESTE, S. (2022). Leaf transcriptome profiling of contrasting sugarcane genotypes for drought tolerance under field conditions. **Scientific Reports**, 12(1), 1-12.

CRUZ, M. D. C. M. D., SIQUEIRA, D. L. D., SALOMÃO, L. C. C., CECON, P. R. (2009) Fluorescência da clorofila a em folhas de tangerineira 'Ponkan' e limeira ácida 'Tahiti' submetidas ao estresse hídrico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, p. 896-901.

CTC – Centro de Tecnologia Canavieira (2018). Pragas e doenças da cana-de-açúcar. Disponível em: <https://ctc.com.br/produtos/wp-content/uploads/2018/07/Caderneta-de-Pragas-e-Doenças-da-Cana-de-açucar-CTC.pdf>. **Último acesso**: 19/04/2022.

DAMALAS, C. A., & KOUTROUBAS, S. D. (2022). Exogenous application of salicylic acid for regulation of sunflower growth under abiotic stress: a systematic review. **Biologia**, 1-13.

DAVIS, M. J.; ROTT, P.; DEAN, J. L. (1994) Evaluation of selective media and immunoassays for detection of *Xanthomonas albilineans*, causal agent of sugarcane leaf scald disease. **Plant Disease**, v. 78, p. 78-82.

DEMPSEY, D. M. A., KLESSIG, D. F. (2017) How does the multifaceted plant hormone salicylic acid combat disease in plants and are similar mechanisms utilized in humans?. **BMC biology**, v. 15, n. 1, p. 1-11.

FANG, Y., & XIONG, L. (2015). General mechanisms of drought response and their application in drought resistance improvement in plants. **Cellular and molecular life sciences**, 72(4), 673-689.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations (2020). Disponível em: http://www.fao.org/faostat/en/#rankings/countries_by_commodity Último acesso: 01/05/2022.

FLOHÉ, L.; GUNZLER, W.A. (1984) Assays of glutathione peroxidase. In: **Methods in Enzymology**, vol. 105. Academic Press, p. 114–120.

GIANNOPOLITIS, C. N.; RIES, S. K. (1977) Superoxide dismutase: I. Occurrence in higher plants. **Plant Physiology**, v. 59, p. 309-314.

GOMES-JUNIOR, R. A.; GRATÃO, P. L.; GAZIOLA, S. A.; MAZZAFERA, P.; LEA, P. J.; AZEVEDO, R. A. (2007) Selenium-induced oxidative stress in coffee cell suspension cultures. **Functional Plant Biology**, v. 34, p. 449–456.

GONZÁLEZ-VILLAGRA, J., REYES-DÍAZ, M. M., TIGHE-NEIRA, R., INOSTROZA-BLANCHETEAU, C., ESCOBAR, A. L., BRAVO, L. A. (2022). Salicylic Acid Improves Antioxidant Defense System and Photosynthetic Performance in *Aristotelia chilensis* Plants Subjected to Moderate Drought Stress. **Plants**, 11(5), 639.

HEATH, R. L., PACKER, L. (1968) Photoperoxidation in isolated chloroplasts: I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. **Archives of biochemistry and biophysics**, v. 125, n. 1, p. 189-198.

HECHAVARRÍA, L. O., PUCHADES IZAGUIRRE, Y., PÉREZ PÉREZ, Y., MICHAVILA, G., CASAS GONZÁLEZ, M. A., PÉREZ PÉREZ, J., JAIME, O.C., DELGADO, J.M., MALAVERA, A.P., LOPEZ, J.M., CASTAGNARO, A.P., PERERA, M. F. (2022). Assessment of sugarcane cultivars with stable reaction to *Xanthomonas albilineans* under mechanical inoculation conditions. **Tropical Plant Pathology**, 47(2), 214-221.

HOAGLAND, D.R.; ARNON, D.I. (1950) The water culture methods for growing plants without soil. **California Agricultural Experiment Station**, Berkeley, CA.

JANDA, T., SZALAI, G., RIOA-GONZALEZ, K., VEISA, O., PÁLDI, E. (2003) Comparative study of frost tolerance and antioxidant activity in cereals. - **Plant Sci.** 164: 301-306.

KALEFETOĞLU, T., & EKMEKCI, Y. (2005). The effects of drought on plants and tolerance mechanisms. **Gazi University Journal of Science**, 18(4), 723-740.

KOÇ, E. (2022) Physiological responses of resistant and susceptible pepper plants to exogenous proline application under *Phytophthora capsici* stress. **Acta Botanica Croatica**, v. 81, n. 1, 2022.

LASTOCHKINA, O., PUSENKOVA, L., GARSHINA, D., KASNAK, C., PALAMUTOGLU, R., SHPIRNAYA, I., MARDANSHIN, I., MAKSIMOV, I. (2022). Improving the Biocontrol Potential of Endophytic Bacteria *Bacillus subtilis* with Salicylic Acid against *Phytophthora infestans*-Caused Postharvest Potato Tuber Late Blight and Impact on Stored Tubers Quality. **Horticulturae**, 8(2), 117.

LEANASAWAT, N., W. LONTOM, P. SONGSRI AND M. KOSITTRAKUN, (2022). Physiological responses of interspecific and intergeneric hybrids of sugarcane under early drought stress conditions. **Asian J. Plant Sci.**, 21: 49-55.

LEIWAKABESSY, C., SINAGA, M. S., MUTAQIEN, K. H., TRIKOESOEMANINGTYAS, T., GIYANTO, G. (2017) The Endophytic Bacteria, Salicylic Acid, and their Combination as Inducers of Rice Resistance Against *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*. AGRIVITA, **Journal of Agricultural Science**, v. 40, n. 1, p. 25-35.

LICHTENTHALER, H. K. (1987) Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. **Methods in enzymology**, v. 148, p. 350-382.

LU, R., LIU, Z., SHAO, Y., SU, J., LI, X., SUN, F., ZHANG, Y.B., LI, S.A., ZHANG, Y.C, CUI, J.B., ZHOU, Y.A., SHEN, W., ZHOU, T. (2020) Nitric Oxide Enhances Rice Resistance to Rice Black-Streaked Dwarf Virus Infection. **Rice**, v. 13, n. 1, p. 1-13.

MAITY, A., SHARMA, J., SARKAR, A., MORE, A. K., PAL, R. K., NAGANE, V. P., MAITY, A. (2018) Salicylic acid mediated multi-pronged strategy to combat bacterial blight disease (*Xanthomonas axonopodispv. punicae*) in pomegranate. **European Journal of Plant Pathology**, v. 150, n. 4, p. 923-937.

MANTZ, G. M., ROSSI, F. R., VIRETTO, P. E., NOELTING, M. C., MAIALE, S. J. (2021) Stem canker caused by *Phomopsis* spp. Induces changes in polyamine levels and chlorophyll fluorescence parameters in pecan leaves. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 166, p. 761-769.

MONTEIRO, J. E. B. D. A., SENTELHAS, P. C., & CHIAVEGATO, E. J. (2006). Ambiente tem papel decisivo na ocorrência de doenças. **Visão Agrícola**, 3(6), 85-87.

MUNNÉ-BOSCH, S., JUBANY-MARÍ, T., ALEGRE, L. (2003) Enhanced photo- and antioxidative protection, and hydrogen peroxide accumulation in drought-stressed *Cistus clusii* and *Cistus albidus* plants. **Tree Physiology**, v. 23, n. 1, p. 1-12.

NARASIMHAMURTHY, K., SOUMYA, K., UDAYASHANKAR, A. C., SRINIVAS, C., NIRANJANA, S. R. (2019) Elicitation of innate immunity in tomato by salicylic acid and *Amomum nilgircum* against *Ralstonia solanacearum*. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 22, p. 101414.

NOORI, H., MOOSAVI, S., SEGHATOLESAMI, M.J., FAZELI ROSTAMPOUR, M. (2022). Morpho-physiological responses of cumin (*Cuminum cyminum* L.) to the application of growth regulators under drought stress. **Iranian Journal of Plant Physiology**, 12(1), 4013-4025.

OSEI, R., YANG, C., CAI, F., & BOAMAH, S. (2022). Mechanisms underlying salicylic acid on root parameters and antioxidant enzyme activity of potato plant under *Lelliottia amnigena* stress. **Chilean journal of agricultural research**, 82(2), 225-233.

PASSAIA G., CAVERZAN A., FONINI L.S., CARVALHO F.E.L., SILVEIRA J.A.G., MARGIS-PINHEIRO, M. (2014) Chloroplastic and mitochondrial GPX genes play a critical role in rice development. **Biologia Plantarum** 58:375-378.

PIERETTI, I., PESIC, A., PETRAS, D., ROYER, M., SÜSSMUTH, R. D., COCIANCICH, S. (2015) What makes *Xanthomonas albilineans* unique amongst xanthomonads? **Frontiers in plant science**, v. 6, p. 289.

POPOVA, L., PANCHEVA, T., UZUNOVA, A. (1997) Salicylic acid: properties, biosynthesis and physiological role. **Bulg. J. Plant Physiol**, v. 23, n. 1-2, p. 85-93.

RACCHI M.L. (2013) Antioxidant Defenses in Plants with Attention to *Prunus* and *Citrus* spp. **A review Antioxidants** 2:340-369.

R CORE TEAM. "R: A language and environment for statistical computing; 2015.", 2018. Disponível em: <<http://www.r-project.org/>>. **Último acesso:** 01/05/2022

RICAUD, C., EGAN, B. T., GILLASPIE, A. G., HUGHES, C. G. (2012) Diseases of sugarcane: major diseases. **Elsevier**, p. 39-58.

ROBIATI TELLES, B., DE SOUZA CARVALHO, F. M., DA SILVA VANTINI, J., ANDRUCIOLI BELESINI, A., MARQUES DE CASTRO, G., GIACHETTO, P. F., DOMINGUES CARLIN, S., RAMOS DA SILVA, T., GUARIZ PINHEIRO, D., CAZETTA, J.O., TIRABOSCHI FERRO, M. I. (2019). Prolonged water deficit reveals new profile of sugarcane gene expression and metabolic pathway related to tolerance. **Sugar Tech**, 21(3), 451-461.

ROMANAZZI, G., SANZANI, S. M., BI, Y., TIAN, S., MARTÍNEZ, P. G., ALKAN, N. (2016) Induced resistance to control postharvest decay of fruit and vegetables. **Postharvest Biology and Technology**, v. 122, p. 82-94.

ROTT, P.; DAVIS, M.J. (2000) Leaf scald. In: Rott P, Bailey RA, Comstock JC, Croft BJ, Saumtally AS (eds) A guide to sugarcane diseases. **La Librairie du Cirad, Montpellier**, p. 38–44.

ROTT, P.; MOHAMED, I.S.; KLETT, P.; SOUPA, D.; DE SAINT-ALBIN, A.; FELDMANN, P.; LETOURMY, P. (1997) Resistance to leaf scald disease is associated with limited colonization of sugarcane and wild relatives by *Xanthomonas albilineans*. **Phytopathology**, v. 87, p. 1202-1213.

ROY P.R.; UL-ARIF M.T.; AKTER T.; RAY S.R.; SAYED M.A. (2016) Exogenous ascorbic acid and hydrogen peroxide alleviates salt-induced oxidative stress in rice (*Oryza sativa* L.) by enhancing antioxidant enzyme activities and proline content. **Advances in Environmental Biology** 10:148-154.

SAUMTALLY, A. S.; DOOKUN-SAUMTALLY, A. (2004) Leaf scald of sugarcane: a disease of worldwide importance. Rao, GP; Saumtally, AS; Rott, P. Sugarcane pathology: bacterial and nematode diseases. **New Hampshire: Science Publishers**, v. 3, p. 65-76.

SCHOLANDER, P. F., BRADSTREET, E. D., HEMMINGSEN, E. A., & HAMMEL, H. T. (1965). Sap pressure in vascular plants: negative hydrostatic pressure can be measured in plants. **Science**, 148(3668), 339-346.

SCHULTZ, B., BORA, K. C., NOGUEIRA, A. C., AUER, C. G. (2012). Uso do silicato de potássio no controle de oídio em mudas de *Eucalyptus benthamii*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 32, n. 69, p. 93-93.

SHARMA, P., JHA, A. B., DUBEY, R. S., PESSARAKLI, M. (2012) Reactive oxygen species, oxidative damage, and antioxidative defense mechanism in plants under stressful conditions. **Journal of botany**.

SHI, Z., YANG, H., JIAO, J., WANG, F., LU, Y., DENG, J. (2019) Effects of graft copolymer of chitosan and salicylic acid on reducing rot of postharvest fruit and retarding cell wall degradation in grapefruit during storage. **Food chemistry**, v. 283, p. 92-100.

SILVA, M. D. S., BEDENDO, I. P., CASAGRANDE, M. V. (2007) Caracterização molecular e patogênica de isolados de *Xanthomonas albilineans* (Ashby) Dowson, agente causal da escaldadura das folhas da cana-de-açúcar. **Summa Phytopathologica**, v. 33, n. 4, p. 341-347.

SUNDAR, A. R., ASHWIN, N. M. R., BARNABAS, E. L., MALATHI, P., VISWANATHAN, R. (2015) Disease resistance in sugarcane—An overview. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 14, n. 4, p. 200-212.

SURIYAN, C. U., & CHALERMPOL, K. (2009). Proline accumulation, photosynthetic abilities and growth characters of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) plantlets in response to iso-osmotic salt and water-deficit stress. **Agricultural Sciences in China**, 8(1), 51-58.

THIESEN, L. A., PINHEIRO, M. V. M., HOLZ, E., FONTANA, D. C., & DOS SANTOS, J. (2017). Correlação de Pearson entre pigmentos fotossintetizantes e fitomassa de plantas de *Aloysia triphylla*. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, 249-257.

ULLAH, H., ULLAH, A., KHAN, M. W., LATEEF, M. (2020) A comprehensive review of sugarcane. **Preprints**.

UMER, M., AZIZ, N. B., AL JABRI, S., BHUIYAN, S. A., SHIDDIKY, M. J. (2021) Naked eye evaluation and quantitative detection of the sugar cane leaf scald pathogen, *Xanthomonas albilineans*, in sugar cane xylem sap. **Crop and Pasture Science**, v. 72, n. 5, p. 361-371.

VISWANATHAN, R. (2021) Red rot of sugarcane (*Colletotrichum falcatum* Went). **CABI**.

WANG, S., ZHOU, Y., LUO, W., DENG, L., YAO, S., ZENG, K. (2020) Primary metabolites analysis of induced citrus fruit disease resistance upon treatment with oligochitosan, salicylic acid and *Pichia membranaefaciens*. **Biological Control**, p. 104289.

WHITE, R. F. (1979) Acetylsalicylic acid (aspirin) induces resistance to tobacco mosaic virus in tobacco. **Virology**, v. 99, n. 2, p. 410-412.

XU, X., TIAN, S. (2008) Salicylic acid alleviated pathogen-induced oxidative stress in harvested sweet cherry fruit. **Postharvest biology and technology**, v. 49, n. 3, p. 379-385.

YAQOOB, U., JAN, N., RAMAN, P. V., SIDDIQUE, K. H., JOHN, R. (2022) Crosstalk between brassinosteroid signaling, ROS signaling and phenylpropanoid pathway during abiotic stress in plants: Does it exist? **Plant Stress**, p. 100075.

YANG, X., LU, M., WANG, Y., WANG, Y., LIU, Z., CHEN, S. (2021). Response mechanism of plants to drought stress. **Horticulturae**, 7(3), 50.

YUAN, S., DING, X., ZHANG, Y., CAO, J., JIANG, W. (2019) Characterization of defense responses in the 'green ring' and 'red ring' on jujube fruit upon postharvest infection by *Alternaria alternata* and the activation by the elicitor treatment. **Postharvest biology and technology**, v. 149, p. 166-176.

ZHAI C.Z., ZHAO L., YIN L.J., CHEN M., WANG Q.Y., LI L.C., XU Z.S., MA Y.Z. (2013) Two wheat glutathione peroxidase genes whose products are located in

chloroplasts improve salt and H₂O₂ tolerances in Arabidopsis. **PLoS ONE** 8: e73989.

ZHANG, Hui-Li et al. (2020) Complete genome sequence reveals evolutionary and comparative genomic features of *Xanthomonas albilineans* causing sugarcane leaf scald. **Microorganisms**, v. 8, n. 2, p. 182.

ZHOU, Y., MA, J., XIE, J., DENG, L., YAO, S., ZENG, K. (2018) Transcriptomic and biochemical analysis of highlighted induction of phenylpropanoid pathway metabolism of citrus fruit in response to salicylic acid, *Pichia membranaefaciens* and oligochitosan. **Postharvest Biology and Technology**, v. 142, p. 81-92.