

Atenuação dos efeitos do estresse térmico em tomate submetidos ao pré-tratamento com ácido salicílico

Franciele Mara Lucca Zanardo Böhm ^{1*}, Bianca Bueno de Almeida ², Luiz Gustavo de Jesus Soares ³,
Paulo Alfredo Feitoza Böhm ⁴

¹Doutora em Ciências Biológicas, Universidade Estadual do Paraná (*Autor correspondente: franciele.bohm@unespar.edu.br)

²Acadêmica do curso de Ciências Biológicas, Universidade Estadual do Paraná, Brasil.

³Acadêmico do curso de Ciências Biológicas, Universidade Estadual do Paraná, Brasil.

⁴Doutor em Ciências Biológicas, Universidade Estadual do Paraná, Brasil

Histórico do Artigo: Submetido em: 12/02/2024 – Revisado em: 22/07/2024 – Aceito em: 29/12/2024

RESUMO

A obtenção de alimentos é uma preocupação mundial, principalmente no que se refere à manutenção da produção frente às mudanças climáticas. O estresse térmico pode comprometer o desenvolvimento dos vegetais. O ácido salicílico (AS) é uma molécula de origem natural, sinalizadora, que promove alterações metabólicas protetoras para as plantas em resposta ao estresse. O tomate é uma hortaliça de grande importância econômica e sua germinação ocorre de forma satisfatória entre 15° C e 25° C. O objetivo deste estudo foi analisar os efeitos do estresse térmico sobre a germinação e crescimento inicial de tomate oriundos de sementes orgânicas e convencionais submetidas ou não ao pré-tratamento com AS. Sementes pré-tratadas ou não, foram incubadas em estufa tipo B.O.D. com fotoperíodo de 12 horas de luz. As temperaturas foram de 25° C ou 30° C durante 14 dias. A germinação foi avaliada através da determinação do índice de velocidade de germinação (IVG) e porcentagem total de germinação. As raízes das plantas foram medidas e os teores de clorofilas e carotenos analisados. O estresse térmico reduziu a porcentagem total de germinação e o IVG das sementes estudadas. O pré-tratamento com AS melhorou o IVG em condições de estresse. O comprimento das raízes e teores de clorofilas e carotenoides não foram alterados. Os resultados obtidos sugerem que as plantas de tomate que germinaram acionaram as respostas de defesa frente ao estresse aplicado neste estudo e o pré-tratamento com AS contribuiu positivamente para o crescimento das plantas.

Palavras-Chaves: Estresse abiótico, Pré-tratamento de sementes, *Solanum lycopersicum*.

Attenuation of the effects of heat stress in tomatoes subjected to pre-treatment with salicylic acid

ABSTRACT

Obtaining food is a global concern, especially about maintaining production in the face of climate change. Heat stress can compromise plant development. Salicylic acid (SA) is a signaling molecule of natural origin that promotes protective metabolic changes for plants in response to stress. Tomato is a vegetable of great economic importance, and its germination occurs satisfactorily between 15° C and 25° C. The objective of this study was to analyze the effects of thermal stress on the germination and initial growth of tomatoes from organic seeds and intentionally applied or not to pre-treatment with AS. Pretreated or untreated seeds were incubated in a B.O.D. chambers with a photoperiod of 12 hours of light. Temperatures were 25° C or 30° C for 14 days. Germination was evaluated by determining the germination speed index (GSI) and total germination percentage. The roots of the plants were measured, and the chlorophyll and carotene levels were analyzed. Thermal stress reduced the total germination percentage and the GSI of the studied seeds. Pretreatment with AS improved GSI under stress conditions. Root length and chlorophyll and carotenoid levels were not altered. The results obtained suggest that germinated tomato plants triggered defense responses to the stress applied in this study and pre-treatment with SA contributed positively to plant growth.

Keywords: Abiotic stress, Seed pretreatment, *Solanum lycopersicum*.

Böhm, F.M.L.Z., Almeida, B.B., Soares, L.G.J., Böhm, P.A.F. (2024). Atenuação dos efeitos do estresse térmico em tomate submetidos ao pré-tratamento com ácido salicílico. *Revista Brasileira de Meio Ambiente*, v.12, n.3, p.15-24.



Atenuación de los efectos del estrés calórico en tomates sometidos a pretratamiento con ácido salicílico

RESUMEN

La obtención de alimentos es una preocupación global, especialmente en lo que respecta a mantener la producción ante el cambio climático. El estrés por calor puede comprometer el desarrollo de las plantas. El ácido salicílico (SA) es una molécula señalizadora de origen natural que promueve cambios metabólicos protectores de las plantas en respuesta al estrés. El tomate es una hortaliza de gran importancia económica y su germinación se produce satisfactoriamente entre 15° C y 25° C. El objetivo de este estudio fue analizar los efectos del estrés térmico en la germinación y crecimiento inicial de tomates provenientes de semillas orgánicas y convencionales sometidas o no a pretratamiento con AS. Las semillas pretratadas o no tratadas se incubaron en un invernadero DBO, con un fotoperíodo de 12 horas de luz. Las temperaturas fueron de 25°C o 30° C durante 14 días. La germinación se evaluó determinando el índice de velocidad de germinación (IGV) y el porcentaje de germinación total. Se midieron las raíces de las plántulas y se analizaron los niveles de clorofila y caroteno. El estrés térmico redujo el porcentaje total de germinación y el IVG de las semillas estudiadas. El pretratamiento con AS mejoró la IVG en condiciones de estrés. La longitud de la raíz y los niveles de clorofila y carotenoides no se alteraron. Los resultados obtenidos sugieren que las plantas de tomate que germinaron desencadenaron respuestas de defensa al estrés aplicado en este estudio y el pretratamiento con AS contribuyó positivamente al crecimiento de las plantas.

Palabras clave: Estrés abiótico, Pretratamiento de semillas, *Solanum lycopersicum*.

1. Introdução

O tomate (*Solanum lycopersicum*), pertence à família Solanaceae, é uma hortaliça de origem andina, adaptada a diferentes regiões do Brasil e do mundo (Peixoto et al., 2017). É a fruta que tem alto índice de produção no Brasil, chegando a 3.679.160 toneladas em 2021, segundo o Instituto brasileiro de geografia e estatística (IBGE, 2021). E está entre as cinco hortaliças mais consumidas no Brasil (CONAB, 2021).

Devido à importância econômica, esta planta desperta o interesse em pesquisas que possam contribuir com o aumento da produção e com a obtenção de frutos que apresentam maior resistência ao calor, estresse hídrico e ao ataque de patógenos. Estudos sobre germinação, crescimento e desenvolvimento do tomate em resposta a diferentes fontes de estresse são descritos na literatura, principalmente para identificar proteínas ativadas em resposta ao estresse em busca de genótipos mais resistentes. (Silva et al., 2016; Ribeiro et al., 2016; Alves, 2019; Silveira, 2023).

O tomateiro é uma planta sensível a variações de temperatura, o estresse térmico, principalmente no que se refere a altas temperaturas, pode comprometer o ciclo de vida da planta. A taxa de germinação e crescimento inicial satisfatória do tomate está entre 15°C e 25°C, para a formação de mudas a temperatura ideal é de 20°C a 25° C e a floração entre 18°C 24°C (Barroso, 2020).

No Brasil, sucessivas ondas de calor são observadas em todas as regiões, em parte devido ao fenômeno El Niño, que favorece o aumento da temperatura em várias partes do planeta e ainda devido à atividade antrópica que produz desmatamentos e danos ambientais. A temperatura global de 2020 foi 1,3°C mais quente do que no período base de 1880-1920; a temperatura global nesse período de referência é uma estimativa razoável da temperatura pré-industrial. Os seis anos mais quentes no registro GISS ocorrem todos nos últimos seis anos, e os 10 anos mais quentes estão todos no século XXI (Hansen et al., 2021).

O aumento de temperatura compromete a germinação de sementes de olerícolas (Oliveira, 2022). Altas temperaturas podem ser um fator de estresse para as culturas vegetais e afetam principalmente o crescimento e produtividade de culturas de regiões tropicais (Teixeira et al., 2017). O estresse causado por variações de temperatura, especialmente as mais altas reduzem a velocidade de absorção de água pelas sementes em germinação e reduzem a reativação das reações metabólicas (Taiz et al., 2017), fundamentais aos processos de mobilização de reservas e a retomada de crescimento da radícula (Santos, 2021).

Embora algumas plantas em ambientes naturais tenham mecanismos de defesa e adaptação para tolerar

determinados tipos de estresse abiótico, como por exemplo, solos salinizados, regiões muito frias ou muito quentes, quando se trata de cultivo de culturas de interesse econômico é preciso desenvolver mecanismos para tolerância ao estresse, para manter a produtividade.

Neste aspecto, a utilização de tecnologias que proporcionem resistência ao estresse pode contribuir com a manutenção da produção das culturas vegetais. O Ácido salicílico (AS) é um exemplo de composto natural, derivado do metabolismo secundário das plantas, que participa de diversas vias metabólicas, principalmente aquelas ligadas à sinalização ou defesa das plantas como resposta ao estresse biótico ou abiótico (Sharma et al., 2020).

A indução de respostas de defesa antes da exposição ao agente causador do estresse pode oferecer a indução de respostas de defesa para a proteção da planta, o que pode garantir seu crescimento, além de reduzir a utilização de insumos químicos para o combate de pragas.

A preservação do meio ambiente tem sido foco de debates mundiais, mas faltam atitudes concretas para a preservação do meio ambiente. O sistema orgânico de produção de alimentos reflete a produção de alimentos que contribui com a preservação do meio ambiente. Este sistema não utiliza insumos químicos e nem sementes geneticamente modificadas. Segundo a Instrução Normativa do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento de outubro de 2011; a qual diz que o cultivo de orgânicos deve ocorrer sem a adição de compostos químicos sintéticos, é correta a utilização de sementes orgânicas neste modo de produção (Carlett et al., 2019).

Diante da escassez de trabalhos sobre as respostas morfofisiológicas de olerícolas frente ao estresse térmico, o objetivo deste estudo foi analisar os efeitos deste tipo de estresse sobre a germinação e crescimento inicial de tomate oriundos de sementes orgânicas e convencionais submetidas ou não ao pré-tratamento com AS.

2. Material e Métodos

Trata-se de uma pesquisa exploratória, em que sementes de tomate, tipo cereja, da variedade Carolina, de origem convencional foram obtidas comercialmente e as sementes de origem orgânica, do mesmo tipo e variedade foram obtidas no laboratório de cultivo vegetal da UNESPAR, no campus de Paranavaí.

Os experimentos foram realizados em blocos inteiramente casualizados. Sementes de origem orgânica e convencional, separadamente, foram submetidas ao pré-tratamento em solução de ácido salicílico (AS) 0,1mM durante seis horas. Após este período, grupos de dez sementes foram acondicionados em placas de Petri cobertas com duas folhas de papel de germinação e 5mL de água destilada. O mesmo protocolo experimental foi aplicado para sementes que não foram expostas ao pré-tratamento com AS.

As placas de Petri obtidas em triplicatas foram cobertas com papel filme e acondicionadas em câmaras de germinação do tipo B.O.D. durante 14 dias, com fotoperíodo de 12h de claro. Uma câmara foi ajustada em temperatura a 25°C e a outra câmara foi ajustada em temperatura de 30°C. As sementes germinadas foram contadas a cada 24h durante 14 dias. Para constatar a germinação, foi observada a protrusão da radícula (Ferreira e Áquila, 2000).

Após o término do período de germinação, a porcentagem de germinação (G) foi calculada usando a fórmula: $G = (N / A) \times 100$. No qual: N: número de sementes germinadas; A: número total de sementes colocadas para germinar.

O índice de velocidade de germinação (IVG) foi obtido considerando:

$$(IVG= N1/D1+ N2/D2+ \dots+Nn/Dn)$$

Em que: N, número de plântula verificadas no dia da contagem; D, números de dias após a semeadura, sendo realizado a contagem em números de dias após a semeadura.

Após os 14 dias, as radículas das plântulas foram excisadas, medidas e os comprimentos expressos em centímetros. Para a determinação da absorbância da clorofila e carotenoides, foram pesados 0,300 g de folhas frescas de cada tratamento e maceradas com 5 ml de acetona 80%. O extrato foi filtrado e a leitura da absorbância dos pigmentos foi feita em espectrofotômetro (Thermo Scientific Genesys 10S UV/VIS) em 663 nm, 645nm e 652nm para as clorofilas a, b e totais, respectivamente, e a 470nm para os carotenoides.

Os resultados foram expressos em miligrama (mg) de clorofila por grama de peso fresco de tecido foliar. Os cálculos para a determinação de clorofilas foram feitos segundo equação proposta por Whitham et al. (1971). E para a determinação de carotenos, a equação proposta por Arnon (1949):

$$(1) \text{Clorofila } a = (12,7 \times A663 - 2,69 \times A645) V / 1000w$$

$$(2) \text{Clorofila } b = (22,9 \times A645 - 4,68 \times A663) V / 1000w$$

$$(3) \text{Clorofila total} = A652 \times 1000 \times V / 1000w / 34,5$$

$$(4) \text{Carotenoides (Car)} = (1000 \times ABS470) - (1,82 \times Cl a) - (85,02 \times Cl b) / 198$$

A análise estatística foi realizada considerando três repetições experimentais de cada bloco de tratamento em triplicata. O programa SISVAR-ESAL statistical software (Ferreira, 2019), foi utilizado para a análise de variância ANOVA, as diferenças entre as médias foram submetidas ao teste de Tukey. Valores de p inferiores a 0,05 (P < 0,05) foram considerados significativos.

3. Resultados e Discussão

Considerando que o tomate apresenta taxa de germinação ótima até 25°C, temperaturas acima deste valor são consideradas estressantes. Os resultados dos testes de germinação de sementes convencionais apresentados na tabela 01 mostram que a porcentagem de germinação foi reduzida em 32% pelo estresse térmico e o IVG sofreu redução de 52,6%.

Tabela 1 – Germinação, Índice de Velocidade de Germinação (IVG) e comprimento de radículas de tomate oriundas de sementes convencionais submetidas a pré-tratamento com AS e estresse térmico.

Tratamento	% de Germinação C.V: 6,08%	I.V.G. C.V: 10,97%	Comprimento da raiz C.V: 11,15%
Convencional 25°C sem AS	89,16 ^a	5,95 ^{a,b}	8,09 ^a
Convencional 25°C com AS	95,5 ^a	7,03 ^a	7,67 ^a
Convencional 30°C sem AS	60,6 ^b	2,82 ^c	7,52 ^a
Convencional 30°C com AS	72,6 ^b	4,55 ^b	7,82 ^a

Médias seguidas de letras diferentes apresentam diferença estatística pelo teste de Tukey p<0,05. C.V: coeficiente de variação.

Fonte: Autores (2023)

O pré-tratamento com AS aumentou o IVG em 30,5%. Em relação às sementes de origem orgânica, o estresse térmico reduziu a porcentagem de germinação em 52,23% e o IVG em 57,4%. O pré-tratamento com AS aumentou o IVG em 30,13%, dados apresentados na tabela 02. Em relação à origem das sementes, ambas

foram afetadas negativamente pelo estresse térmico e responderam positivamente ao pré-tratamento com AS.

Tabela 2 – Germinação, Índice de Velocidade de Germinação (IVG) e comprimento de radículas de tomate oriundas de sementes orgânicas submetidas a pré-tratamento com AS e estresse térmico.

Tratamento	% de Germinação C.V: 6,08%	I.V.G. C.V: 19,3%	Comprimento da raiz C.V: 10,96%
Orgânica 25°C sem AS	90,63 ^a	5,98 ^a	8,59 ^a
Orgânica 25°C com AS	89,15 ^a	5,41 ^a	9,95 ^a
Orgânica 30°C sem AS	43,13 ^b	2,55 ^b	6,64 ^a
Orgânica 30°C com AS	55 ^b	3,65 ^{a,b}	6,94 ^a

Médias seguidas de letras diferentes apresentam diferença estatística pelo teste de Tukey $p < 0,05$. C.V: coeficiente de variação.

Fonte: Autores (2023)

Sementes de arroz, germinadas sob condições de estresse térmico, acima de 25°C, apresentaram redução na porcentagem de germinação, IVG e aumento na taxa de respiração celular (Marini et al., 2012). Em arroz, o aumento de temperatura promoveu aumento de condutividade elétrica, indicando que altas temperaturas afetam a membrana plasmática e comprometem a absorção de água (Marini et al., 2012; Santos, 2021). O processo de germinação foi comprometido em cebola, quando foram aplicadas temperaturas acima de 30 °C (Pinheiro et al., 2014).

A germinação, sobretudo o IVG, foi o parâmetro mais afetado pelo estresse térmico, o que pode ser atribuído à dificuldade de embebição das sementes em altas temperaturas, provocada pelo aumento na viscosidade da água (Marini, 2012). Altas temperaturas podem ainda alterar atividades enzimáticas, comprometendo a mobilização de reservas nutricionais. O estresse e o aumento da respiração celular aumentam a geração de espécies reativas de oxigênio (EROs) que causa danos oxidativos celulares (Cabrera et al., 2021). O pré-tratamento com AS aumentou o IVG das sementes cultivadas em condições de estresse, o que pode indicar que AS apresentou efeito antioxidante (Sharma et al., 2020).

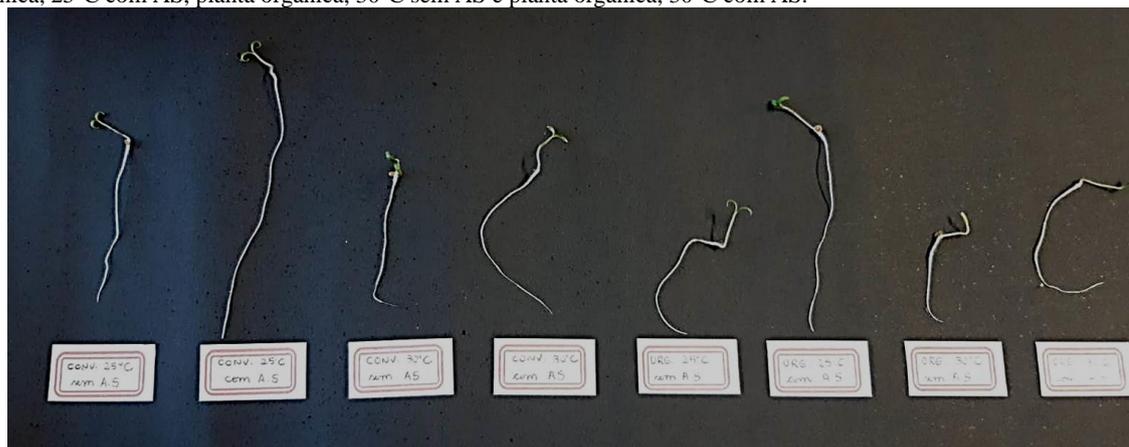
Ao analisar a germinação de sementes de calêndula, Carvalho et al. (2007) verificaram que AS promoveu a germinação e aumentou o IVG sob condições de estresse abiótico, colaborando com os resultados obtidos neste trabalho.

AS pode inibir ou promover a germinação de sementes, necessitando aplicá-lo em diversas espécies e em diversas concentrações para estudar o seu efeito na cultura (Barbosa et al., 2020). As sementes possuem tegumentos de espessuras diferentes, assim o tempo de exposição ao pré-tratamento e a concentração de AS utilizadas podem ser diferentes entre as sementes das plantas. De fato, os estudos sobre estresse por altas temperaturas em culturas vegetais são escassos, principalmente em hortaliças.

A figura 01 apresenta as plântulas de tomate obtidas após quatorze dias de cultivo. É possível verificar que as plântulas foram pré-tratadas com AS não apresentaram anormalidades morfológicas ou mudanças de coloração das raízes e parte aérea, o que indica ausência de estresse.

As plântulas submetidas ao estresse térmico e que não receberam o pré-tratamento com AS, apresentam curvaturas nas pontas das raízes e folhas menos desenvolvidas. Segundo Silva et al. (2018) o estresse térmico causou efeitos deletérios em sementes de melancia com limites de germinação em temperaturas bem definidas, sendo 25°C a temperatura ideal, com o maior percentual de plântulas normais. Temperaturas sub (17°C) e supra ótimas (30°C) apresentaram mais de 80% de plântulas anormais.

Figura 01- Plântulas de tomate após 14 dias de cultivo. Da esquerda para direita, planta convencional, 25°C sem AS, planta convencional, 25°C com AS, planta convencional, 30°C sem AS, planta convencional, 30°C com AS, planta orgânica, 25°C sem AS, planta orgânica, 25°C com AS, planta orgânica, 30°C sem AS e planta orgânica, 30°C com AS.



Fonte: autores (2023)

Embora neste estudo, a velocidade de germinação das sementes tenha sido mais lenta, o crescimento das raízes em ambiente controlado não foi afetado. Em ambiente natural, a velocidade de germinação é importante para o desenvolvimento futuro da planta, uma vez que sementes de espécies diferentes estão germinando e ocorre competição pela sobrevivência. A planta que lança sua raiz primeiro para obter água e recursos minerais do solo irá também primeiro alongar o caule e originar suas folhas para a captação de luz (Formigheiri et al., 2019).

Em ambientes de cultivo, como ocorre entre as hortaliças, cujo objetivo é a comercialização não ocorre a competição, pois cada planta tem seu local de germinação e crescimento pré-determinado e a velocidade de germinação passa a ter menor importância, neste caso o crescimento da planta para gerar os frutos é mais relevante.

O crescimento das plântulas de tomate cultivadas em temperatura de 30° C indica que nestas plantas houve o acionamento de respostas de defesa ao estresse abiótico. O AS, além de ser uma molécula antioxidante, é relatada como capaz de acionar respostas de defesa nas plantas. Estas respostas incluem a expressão de enzimas que atuam no metabolismo vegetal para proteger as plantas (Díaz, 2012; Sharma et al., 2020).

O pré-tratamento com AS em sementes de arroz, submetidas ao estresse térmico, melhorou a sobrevivência das plantas, promoveu a síntese de açúcares solúveis e aumentou a síntese de enzimas antioxidantes (Zhang et al., 2017).

A indução de respostas de defesa antes de infecções de microrganismos ou de possíveis estresses ambientais podem oferecer uma proteção precoce para a planta e contribuir com o sucesso no combate a infecções. O pré-tratamento de cana-de-açúcar com AS, sob condições de estresse salino, promoveu maior área foliar, biomassa fresca e número de folhas do que as plantas que não receberam o pré-tratamento com AS (Santos et al., 2019).

Além disso, o estabelecimento de uma prática da indução precoce das defesas das plantas pode contribuir com a redução da utilização de agrotóxicos para o combate de doenças e pragas, diminuindo a contaminação do meio ambiente e dos alimentos com toxinas. Para estudar os efeitos dos tratamentos utilizados neste estudo na parte aérea das plantas, os teores de clorofilas e carotenos foram avaliados conforme mostram as tabelas 3 e 4. A região apical é responsável por manter o metabolismo ativo das plantas através do processo de fotossíntese.

Tabela 03 – Teores de clorofila a, b, total e carotenos expressos em mg/g de folhas de tomate oriundas de sementes convencionais submetidas a pré-tratamento com AS e estresse térmico.

Tratamento	Clorofila a C.V: 10,52%	Clorofila b C.V: 16,13%	Clorofila Total C.V: 9,96%	Carotenos C.V: 23,33%
Convencional 25°C sem AS	0,860 ^a	0,306 ^a	1,143 ^a	3,65 ^a
Convencional 25°C com AS	0,980 ^a	0,350 ^a	1,303 ^{a,b}	2,54 ^a
Convencional 30°C sem AS	1,09 ^a	0,420 ^a	1,526 ^b	3,10 ^a
Convencional 30°C com AS	0,99 ^a	0,366 ^a	1,346 ^{a,b}	2,55 ^a

Médias seguidas de letras diferentes apresentam diferença estatística pelo teste de Tukey $p < 0,05$. C.V: coeficiente de variação.

Fonte: Autores (2023)

Tabela 04 – Teores de clorofila a, b, total e carotenos expressos em mg/g de folhas de tomate oriundas de sementes orgânicas submetidas a pré-tratamento com AS e estresse térmico.

Tratamento	Clorofila a C.V: 8,63%	Clorofila b C.V: 15,06%	Clorofila Total C.V: 11,51%	Carotenos C.V: 12,18%
Orgânica 25°C sem AS	0,960 ^a	0,336 ^a	1,290 ^a	3,76 ^a
Orgânica 25°C com AS	0,936 ^a	0,340 ^a	1,296 ^a	3,90 ^a
Orgânica 30°C sem AS	1,03 ^a	0,483 ^a	1,543 ^a	3,28 ^a
Orgânica 30°C com AS	0,936 ^a	0,350 ^a	1,482 ^a	4,14 ^a

Médias seguidas de letras diferentes apresentam diferença estatística pelo teste de Tukey $p < 0,05$. C.V: coeficiente de variação.

Fonte: Autores (2023)

Os resultados dos teores de pigmentos não mostraram alterações nos teores de clorofilas e carotenos das plantas tanto de origem orgânica. Quanto às plantas de origem convencional, houve redução nos teores de clorofila total nas plantas cultivadas sob estresse e que não receberam o pré-tratamento com AS, indicando que o pré-tratamento foi capaz de promover a síntese dos pigmentos fotossintetizantes.

O estresse térmico pode ter provocado a síntese de proteínas chaperonas, estas proteínas, inicialmente descritas como proteínas de choque térmico (ou Heat Shock Proteins - HSP), têm sua síntese aumentada em células submetidas a este tipo de estresse. As chaperonas são um grande grupo proteico, as famílias Hsp70 e Hsp100 são expressas para que a planta se torne termotolerante (Parcerisa, 2020).

Em cloroplastos de tomate e de *Arabidopsis* foram encontradas proteínas ClpB, pertencentes à família Hsp100, responsáveis pela desagregação de proteínas que ocorre devido ao estresse térmico (Parcerisa, 2020), esta função pode estar relacionada a manutenção dos cloroplastos e da fisiologia de síntese de pigmentos nestas organelas. Não está claro, como ocorre a interação entre o acionamento em nível molecular de respostas de defesa promovidas por ClpB com outras chaperonas e se existe interação entre as chaperonas AS. Estudos a nível molecular são necessários para elucidar estas importantes vias metabólicas.

O conhecimento sobre os mecanismos naturais de defesa das plantas e de como acioná-los precocemente, pode contribuir significativamente para a utilização de tecnologias que dispensem a utilização de grande quantidade de insumos químicos e reduzir a degradação ambiental.

4. Conclusão

O estresse térmico comprometeu a germinação das sementes de tomate de origem orgânica e convencionais. O pré-tratamento das sementes com AS aumentou significativamente o IVG em relação às sementes não tratadas.

A ativação das respostas de defesa endógenas em resposta ao estresse pode ter sido eficiente para o crescimento das plantas, pois as raízes não sofreram alterações em seu crescimento e não foram observadas diferenças significativas nos teores de clorofilas.

Mais estudos são necessários para compreender a ação de AS frente às respostas fisiológicas de hortaliças ao estresse térmico.

5. Agradecimentos

A Fundação Araucária de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Estado do Paraná (FA) pelas bolsas de estudos concedida.

6. Referências

- Alves, R. C. **Ácido ascórbico como regulador da resposta antioxidante em tomateiro sob estresse salino.** (2019) 32f. Tese de Doutorado – Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Jaboticabal, SP, Brasil.
- Arnon, D. I. (1949) Copper enzymes in isolated chloroplasts: polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. **Plant Physiology**, 24(1), 1-15.
- Barbosa, L. S., Domingues, P., Bezerra, A. C., Santos, A. S., Lima, V. R. N., Luna, I. R. G., & Lopes, K. P. (2020). Efeito do ácido salicílico e choque a frio na germinação de sementes. **Meio Ambiente (Brasil)**, 1 (2), 18-23.
- Barroso, A. A. A. **Ácido acetilsalicílico (AAS) como indutor de crescimento e floração do tomateiro** (2020), 27f. Instituto Federal do Espírito Santo, Curso Superior Bacharel em Agronomia. ES, Brasil.
- Cabrera, E. V. R., Espinosa, Z. Y. D., Jimenez, O. D. (2021) Efecto del ácido salicílico en el control de la septoriosis y su efecto de rendimiento en dos cultivares de trigo. **Revista de Investigación Agraria y ambiental**, 12(1), 51-62.
- Carlett, A. R., Garcia, R. C., Koefender, E., Cerny, B. L. M., & Novack, T. R. (2019) Não Conformidades Aplicadas a Produtores Orgânicos Certificados pelo TECPAR no Oeste e Sudoeste do Paraná. **Cadernos de Agroecologia**, Anais do IIICPA, 14(1).
- Carvalho, C. R., Neto, N. B. M., & Custódio, C. C. (2007) Ácido salicílico em sementes de calêndula (*Calendula officinalis* L.) sob diferentes estresses. **Revista Brasileira de Sementes**, 29, 114-124.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. (2021). Boletim Hortigranjeiro, Brasília, DF, 7 (2).
- Díaz, N. Resistencia sistémica adquirida mediada por el ácido salicílico. (2012). **Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial: BSAA**, 10 (2), 257-267.

Ferreira, A. G., & Áquila, M. E. A. (2000) Alelopatia: uma área emergente da ecofisiologia. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, 12 (Edição Especial), 175-204.

Ferreira, D. F. (2019) SISVAR: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, 37 (4), 529-535.

Formigheiri, F. B., Bonome, L. T., Bittencourt, H. V. H., Leite, K., Reginatto, M., & Giovanetti, L. K. (2018). Alelopatia de *Ambrosia artemisiifolia* na germinação e no crescimento de plântulas de milho e soja. **Revista de Ciências Agrárias**, 41 (3), p. 729-739.

Hansen, J., Sato, M., Ruedy, R. Global Temperature in 2021. Disponível em <http://www.columbia.edu/~jeh1/mailings/2022/Temperature2021.13January2022.pdf>. Acesso em 01/12/2023.

IBGE. Produção de tomate. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2021. Encontrado em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/tomate/br>. Acessado em: 04 de julho de 2023.

Marini, P., Moraes, C. L., Marini, N., Moraes, D. M. D., & Amarante, L. D. (2012). Alterações fisiológicas e bioquímicas em sementes de arroz submetidas ao estresse térmico. **Revista Ciência Agronômica**, 43, 722-730.

Oliveira, W. A. S. **Estresses abióticos que afetam a germinação e desempenho de plântulas de olerícolas: uma revisão bibliográfica**. (2022), 69f. TCC (Bacharelado em Agronomia) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Campus Petrolina Zona Rural, Petrolina, PE.

Parcerisa, I. L. (2020). **Participación de chaperones Hsp100 en el proceso de estrés térmico en plantas. Reconocimiento de sustratos artificiales y naturales de ClpB**. Tese de Doutorado. Universidad Nacional de Rosario. Facultad de Ciencias Bioquímicas y Farmacéuticas. Espanha.

Peixoto, J. V. M., Moraes, E. R., Peixoto, J. L. M., Nascimento, A. R., & Neves, J. G. (2017) Tomaticultura: Aspectos morfológicos e propriedades físico-químicas do fruto. **Revista Científica Rural**, 19(1), 96-117.

Pinheiro, G. S., Angelotti, F., Santana, C. V. S., Dantas, B. F., & Costa, N. D. (2014) Efeito da temperatura sobre a germinação de sementes de cebola. **Scientia Plena**, 10(11), 1-6.

Ribeiro, J. M., Amorim, M. L. L., Rocha, A. S., Grael, C. F. F., & Nery, M. C (2016). Atividade alelopática do extrato aquoso das folhas de *Pseudo brickellia brasiliensis* sobre a germinação e crescimento inicial de alface e tomate. **Revista Vozes dos Vales: Publicações Acadêmicas**, Minas Gerais, 5(9) 1-11.

Santos, C. V. **Qualidade fisiológica de sementes de soja sob estresse em pós-semeadura em solo seco**. (2021), 71f. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-graduação em Agronomia, RS, Brasil.

Santos, M. R., Zárate-Salazar, J. R., Camara, T., & Willadino, L. (2019). Indução de tolerância ao estresse salino em cana-de-açúcar mediante priming com ácido salicílico. **Agrarian Academy**, 6(11) 186-196.

Sharma, A., Sidhu, G. P. S., Araniti, F., Bali, A. S., Shahzad, B., Tripathi, D. K., ... & Landi, M. (2020) The Role of Salicylic Acid in Plants Exposed to Heavy Metals. **Molecules**, 25 (3) 540-562.

Silva, A. A., Silva, A. A. D., Andrade, M. C., Carvalho, R. D. C., Neiva, I. P., Santos, D. C., & Maluf, W. R. (2016). Resistência à *Helicoverpa armigera* em genótipos de tomateiro obtidos do cruzamento de *Solanum lycopersicum* com *Solanum galapagense*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 51, (3), p. 801-808.

Silva, R. C. B., Araujo, M. N., Ornellas, F. L. S., & Dantas, B. F. (2018) Thermal stress and physiological changes in watermelon seeds. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, 48 (1), 66-74.

Silveira, L. R. **Identificação e caracterização de proteínas e genes relacionados à resposta ao estresse hídrico em tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.)**. (2023). 27 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, Monte Carmelo.

Taiz L., Zeiger E., Moller I., & Murphy A. (2017) **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 888 p.

Teixeira, S. B., Ávila, G. E., Armesto, R. S., Silva, R. S., Schmitz, V. N., Moraes, Í. L., & Deuner, S. (2017). Viabilidade de sementes de arroz produzidas em condições supra-ótimas de temperatura. **Revista da Jornada de Pós-Graduação e Pesquisa-Congrega Urcamp**, p. 2723-2736.

Whitham, F. H., Blaydes, D. F., & Devlin, R. M. (1971) Experiments in plant physiology. New York: D. Van Nostrand Company, 55-58.

Zhang, C. X., Feng B. H., Chen, T. T., Zhang, X. F., Tao, L. X., & Fu, G. F. (2017) Sugars antioxidant enzymes and IAA mediate salicylic acid to prevent rice spikelet degeneration caused by heat stress, **Plant growth regulation**, 83(2), 313-323.