



## Effect of salicylic acid application in two basil cultivars submitted to water deficit

## Efeito da aplicação do ácido salicílico em dois cultivares de manjeriço submetidas ao déficit hídrico

CARVALHO, Josabete Salgueiro Bezerra de <sup>(1)</sup>; SILVA, Micaelle Soares da <sup>(2)</sup>; MONTEIRO-BATISTA, Rita de Cássia <sup>(3)</sup>; SILVA, Toshik Larley da <sup>(4)</sup>; ALVES, Leonardo Zacarias <sup>(5)</sup>;

<sup>(1)</sup> 0000-0002-8270-3548; Professora de Fisiologia Vegetal da UFAPE. Garanhuns, PE, Brasil. Email: josabete.bezerra@ufape.edu.br

<sup>(2)</sup> 0009-0000-5666-3290; Discente do curso de Agronomia da UFAPE. Garanhuns, PE, Brasil. Email: micalles1998@hotmail.com

<sup>(3)</sup> 0000-0001-8546-1866; Mestre em Fisiologia Vegetal-UFV. Viçosa, MG, Brasil. Email: rita.monteiro@ufv.br

<sup>(4)</sup> 0000-0003-0704-2046; Doutor em Fitotecnia -UFV, Viçosa, MG, Brasil. Email: iarley.toshik@gmail.com

<sup>(5)</sup> 0000-0003-0404-6180; Discente do curso de Agronomia da UFAPE. Garanhuns, PE, Brasil. Email: leonardozacariasalves@gmail.com

O conteúdo expresso neste artigo é de inteira responsabilidade dos/as seus/as autores/as.

### ABSTRACT

Drought stress is one of the most limiting factors in the productivity of crops. Salicylic acid (SA) is a plant hormone that plays an important role in response to environmental stresses, including water deprivation stress. Basil (*Ocimum basilicum* L.) is a water stress-sensitive plant and its cultivation can be strongly affected by prolonged periods of drought. Therefore, the objective of our work was to evaluate the possible attenuating role of AS in response to water stress in two basil cultivars. The experiment was conducted in the greenhouse of the Federal University of Agreste of Pernambuco. The experimental design was entirely randomized, with eight treatments: two varieties of basil (purple and green), two forms of AS application (with and without application), and two forms of irrigation (irrigated and without irrigation). The concentration of salicylic acid used was 2mM and its application was exogenous. As for the results, a reduction of 15.7% in the dry mass of the aboveground basil plants was observed when submitted to water deficit in irrigated plants. Significant differences were observed in the photosynthetic rate of the two basil varieties when exposed to AS. These results suggest that the use of AS at a concentration of 2mM contributed positively to the growth of both water-stressed and irrigated basil plants.

### RESUMO

O déficit hídrico é um dos fatores que mais limitam a produtividade das culturas agrícolas. O ácido salicílico (AS) é um hormônio vegetal que possui um importante papel em resposta a estresses ambientais, incluindo estresse por privação hídrica. O manjeriço (*Ocimum basilicum* L.) é uma planta sensível ao estresse hídrico e seu cultivo pode ser fortemente afetado por períodos prolongados de seca. Com isso, o objetivo do nosso trabalho foi avaliar o possível papel atenuador do AS em resposta ao estresse hídrico em duas cultivares de manjeriço. O experimento foi conduzido em casa de vegetação da Universidade Federal do Agreste de Pernambuco. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com oito tratamentos, sendo duas variedades de manjeriço (roxo e verde), duas formas de aplicação do AS (com e sem aplicação) e duas formas de irrigação (irrigado e sem irrigação). A concentração de ácido salicílico usada foi de 2mM e sua aplicação foi exógena. Quanto aos resultados, observou-se uma redução de 15,7% da massa seca da parte aérea das plantas de manjeriço quando submetidas a déficit hídrico em relação as plantas irrigadas. Foi observado diferenças significativas na taxa fotossintética das duas variedades de manjeriço quando expostas ao AS. Esses resultados sugerem que o uso de AS na concentração de 2mM contribuiu positivamente para o crescimento das plantas de manjeriço submetidas a estresse hídrico quanto para as plantas irrigadas.

### INFORMAÇÕES DO ARTIGO

#### Histórico do Artigo:

Submetido: 20/03/2023

Aprovado: 29/06/2023

Publicação: 02/11/2023



#### Keywords:

*Ocimum basilicum* L,  
Green and purple basil,  
Gas exchange,  
Drought stress.

#### Palavras-Chave:

*Ocimum basilicum* L,  
Manjeriço verde e roxo,  
Trocias gasosas,  
Estresse hídrico

## Introdução

As plantas são organismos sésseis inseridas em ambientes altamente heterogêneos. Logo, estão expostas a constantes flutuações ambientais, durante todo o ciclo de vida. A deficiência hídrica é um dos fatores ambientais que mais limita a produtividade das plantas (Brodersen et. al., 2019). Em uma condição de déficit hídrico, vários processos moleculares, bioquímicos, fisiológicos, morfológicos e ecológicos das plantas são prejudicados. Danos provocados pela deficiência hídrica, em cenários de secas prolongadas, estão sendo potencialmente agravados pelas mudanças climáticas, logo, a mitigação tem sido um grande desafio para a comunidade científica (EMBRAPA, 2020). Diversas estratégias tem sido adotadas para induzir a tolerância ao estresse hídrico em diferentes estágios de crescimento das plantas, entre as estratégias estão a aplicação de reguladores exógenos e hormônios sintéticos (Seleiman et. al., 2021). Os reguladores de crescimento por atuarem nos processos de regulação de desenvolvimentos das plantas e como sinalizadores, desempenham importantes papéis em respostas a tolerância das plantas a estresses (Khan et. al., 2012)

O ácido salicílico (AS) é um fitohormônio fenólico que desempenha um importante papel referente a manutenção contra estresses bióticos e abióticos, principalmente pela produção de osmólitos e de compostos metabólitos secundários (Khan et. al., 2015). Por influenciar na regulação do sistema de defesa antioxidantes, nos movimentos estomáticos, na transpiração e conseqüentemente na taxa fotossintética, o AS mostra-se como um hormônio promissor para aliviar e desencadear respostas a estresses ambientais (Nazar et. al., 2015). Diversos estudos mostram que a aplicação de AS tem um papel benéfico contra os danos provocados pelo estresse hídrico, principalmente referente aos danos oxidativos (Chen et. al., 2014; Najafabadi e Ehsanzadeh, 2017 ; Wang et al., 2019 ;Sankari et al., 2019; Saheri et. al.,2020; Zafar et. al., 2021).

O manjeriço (*Ocimum basilicum* L.) é uma planta aromática, pertencente à família Lamiaceae, rica em óleos essenciais, com importantes propriedades medicinais e condimentar (Ribeiro et al., 2007; Pushpangadan e George, 2012 ). A produção brasileira de manjeriço é praticada principalmente por pequenos produtores e é voltada para comercialização de folhas verdes aromáticas (May et al., 2008). Porém, em algumas regiões do Nordeste ocorrem produções em escalas maiores sendo destinado para a produção do óleo essencial (Favorito et al.,2011). No campo, múltiplos fatores pode influenciar na produção de manjeriço, que vão desde das condições ambientais a escolha de cultivares ou variedade (Mulugeta e Radácsi, 2022). O manjeriço apresenta sensibilidade ao déficit hídrico, logo, medidas que mitiguem danos provocados pelo estresse e melhorarem a tolerância das plantas é muito útil para a produção de manjeriço (Damalas, 2019). Neste contexto, o presente trabalho teve como

objetivo analisar o papel do ácido salicílico no crescimento de dois cultivares de manjeriço sob déficit hídrico.

## Material e métodos

O experimento foi conduzido em estufa da Universidade Federal do Agreste de Pernambuco-UFAP, durante os meses de setembro a novembro de 2019. O local é caracterizado por 08°53'27"S de latitude, 36°29'48" W de longitude e altitude de 807 m, a 209 km da capital do estado (Recife). O clima na microrregião de Garanhuns é tropical chuvoso, com verão seco; a estação chuvosa se inicia no outubro e engloba o inverno e o início da primavera. As médias anuais de temperatura e umidade relativa do ar são, respectivamente, 21,1°C e 82,5%, com precipitação pluvial de 897 mm anuais, sendo quadrimestre mais chuvoso, representado pelos meses de maio a agosto (Borges Júnior et al., 2012).

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado (DIC), com duas variedades de manjeriço, o manjeriço verde (MV) e manjeriço roxo (MR), duas condições hídricas (irrigado e não irrigado) e duas formas de aplicação do ácido salicílico- AS (com aplicação e sem aplicação). Cada unidade experimental foi composta por duas plantas por vaso. Para as duas variedades verde e roxo os tratamentos consistiram em: Tratamento 1-Plantas irrigadas com ácido salicílico (AS); Tratamento 2-Plantas irrigadas sem AS; Tratamento 3-Plantas não irrigadas sem AS; Tratamento 4-Plantas não irrigadas com AS. A concentração do AS utilizadas foi de 2mM (Carvalho et al., 2019).

O solo foi coletado na sementeira de Garanhuns, e apresenta as seguintes características: Ph (água 1:25) = 6,5; H+ Al= 1,48 cmol<sub>c</sub> Kg<sup>-1</sup>; Al= 0,40 cmol<sub>c</sub> Kg<sup>-1</sup>; Na=0,47 cmol<sub>c</sub> Kg<sup>-1</sup>; K= 0,77 cmol<sub>c</sub> Kg<sup>-1</sup>; Ca=2,90 cmol<sub>c</sub> Kg<sup>-1</sup>; Mg= 2,60 cmol<sub>c</sub> Kg<sup>-1</sup>; P= 64,6 mgKg<sup>-1</sup>; saturação por base= 82%; capacidade de campo= 0,110 g g<sup>-1</sup> (Laboratório de físico-química do IPA-Recife-PE, UFRPE-UAG, 2014). Cada vaso plástico de 5 kg foi preenchido com solo seco ao ar. A cultura estava sendo irrigada diariamente pela manhã.

As sementes foram plantadas em vasos com capacidade de 5 kg e após 30 dias de semeadura foi realizado o desbaste, deixando apenas duas plantas por vaso. A aplicação do AS foi realizada após 48 dias da semeadura, sendo aplicado via foliar na parte abaxial e adaxial. Foram feitas duas aplicações com intervalo de três dias. Após a segunda aplicação do AS foi iniciado o estresse hídrico via suspensão da rega. A suspensão da rega foi de cinco dias, onde foi finalizado o experimento e realizado as variáveis morfológicas: Altura de plantas (cm): foram medidas, com auxílio de trena, do colo até o ápice da maior ramificação. A avaliação das trocas gasosas foi realizada no período de 09 às 11h da manhã, utilizando o IRGA (analisador de gás infravermelho IRGA (ADC-BioScientific Ltd. Modelo LCPro SD) nas plantas irrigadas,

as plantas não irrigadas estavam muito murchas e inviabilizou a utilização do IRGA. Na ocasião foi mensurada a concentração interna de carbono ( $C_i$ ) ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), condutância estomática ( $g_s$ ) ( $\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), transpiração ( $E$ ) ( $\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), taxa de fotossíntese líquida ( $A$ ) ( $\mu\text{mol de CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), a eficiência instantânea no uso da água ( $E_i\text{UA} = A/E$ ) calculada relacionando-a à fotossíntese líquida com a transpiração [ $(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) / (\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1})$ ] e a eficiência instantânea de carboxilação ( $E_i\text{C} = A/C_i$ ) [ $(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) / (\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1})$ ] a partir da relação entre fotossíntese líquida e a concentração interna de carbono. A estimativa do teor de clorofila foi avaliada por meio de valores do índice SPAD, os quais foram obtidos por meio do medidor portátil de clorofila, modelo (ClorofiLOG, Falker Automação Agrícola, Brasil). A massa seca da planta foi realizada em estufa de circulação de ar forçada a 70°C até peso constante. Em seguida, o material foi pesado, obtendo-se o peso da massa seca da parte aérea e raiz.

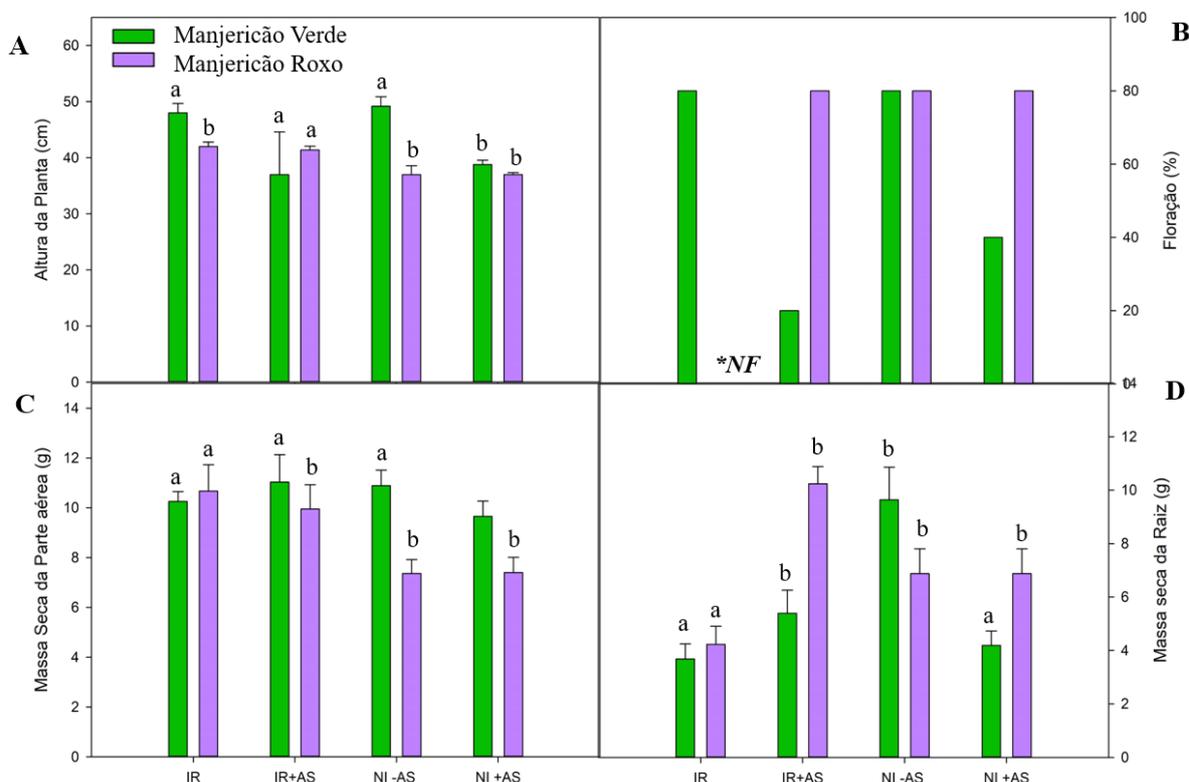
Os dados foram analisados estatisticamente a partir da análise de variância (ANOVA), por meio do ASSISTAT e a comparação de médias foi feita pelo teste de LSD (Level Significant Difference) 5% de probabilidade. Foram realizadas análises de correlação de Person, análise de componentes principais (ACP) e análise de cluster utilizando o software R.

## Resultados e discussão

Em relação aos parâmetros biométricos, foi observado que altura das plantas irrigadas do cultivar verde é maior em comparação ao cultivar roxo (Figura 1A). A aplicação do AS resultou em um incremento em relação à altura das plantas do cultivar roxo. Após a aplicação do AS não foram observadas mais diferenças estatísticas entre os cultivares (Figura 1A). Silva (2018), observou que plantas de manjeriço da cultivar verde sob déficit hídrico apresentaram uma redução de 14% da altura quando comparadas com as plantas irrigadas. No mesmo trabalho, foi observado que a aplicação de 1mM de AS favoreceu o crescimento em altura das plantas não irrigadas, indicando um potencial efeito atenuador do AS em relação à altura de plantas de manjeriço da variedade verde. Hussein et al (2007) observaram resultados similares, na qual a aplicação exógena de 1mM de AS resultou em um acréscimo na altura da planta, no diâmetro do caule e na área foliar em plantas de milho. As plantas irrigadas de manjeriço do cultivar roxo apresentam uma floração tardia comparada com a do cultivar verde na mesma condição (Figura 1B). Contudo, quando submetida a aplicação exógena do AS, as plantas irrigadas de manjeriço do cultivar roxo apresentaram uma taxa de florescimento igual as plantas do cultivar verde irrigadas. Curiosamente, as plantas do cultivar verde apresentaram uma redução de 40% da taxa de florescimento (Figura 1B).

**Figura 1.**

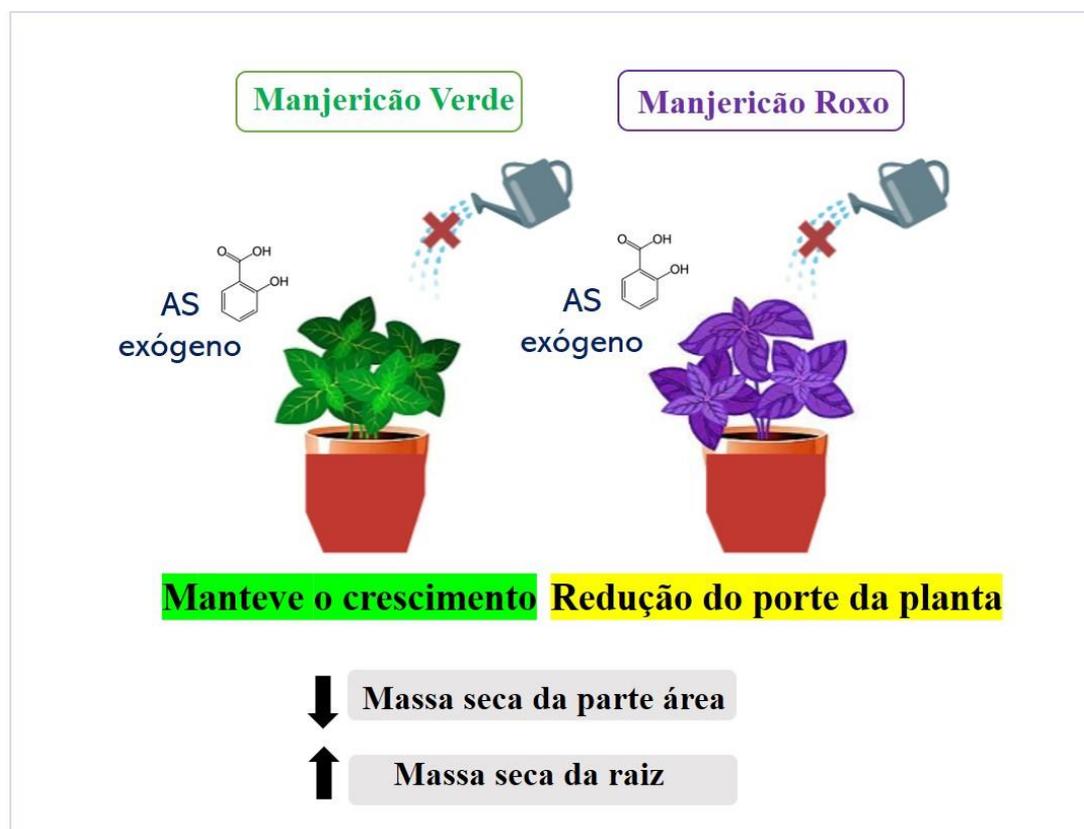
Avaliação dos parâmetros biométricos em cultivares de manjeriço verde e roxo em condições controle e sob déficit hídrico com e sem aplicação exógena de AS. (A) Altura das plantas, (B) Porcentagem de floração, (C) Massa seca da parte aérea, (D) Massa seca da raiz. IR: Irrigadas; IR+AS: Irrigadas e com aplicação exógena de AS; NI-AS: Não irrigadas e sem aplicação de AS; e NI+AS: Não irrigadas e com aplicação de AS. Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste F ( $p \leq 0,05$ ). \***NF**: Não floresceu, nenhuma planta desse tratamento havia florescido até o dia da avaliação.



O déficit hídrico reduziu significativamente a massa seca da parte aérea das plantas de manjeriço do cultivar roxo, independente da aplicação do AS (Figura 1C). Foi observado incremento da massa seca das raízes em ambos cultivares com a aplicação exógena de AS, tanto no tratamento irrigado quanto no tratamento de déficit hídrico (Figura 1D). De forma geral, os resultados apontam que plantas de manjeriço sob déficit hídrico possuem uma maior alocação de fotoassimilatos para as raízes, favorecendo um aumento do crescimento radicular de 36,62%. Com a deficiência de água, a planta desenvolve mecanismos para tentar minimizar esses efeitos, sendo um deles o aumento do sistema radicular, favorecendo a captação de água em camadas mais profundas do solo (Pereira et al., 2009). Em conjunto, foi observado que relação ao crescimento, variedade do manjeriço verde foi a menos afetada pelo regime de limitação hídrica e manteve o crescimento, enquanto o manjeriço roxo foi o mais afetado pelo déficit hídrico (Figura 2). Essas evidências apontam que o AS não foi tão eficaz em atenuar o efeito do déficit hídrico nas plantas de manjeriço roxo.

**Figura 2.**

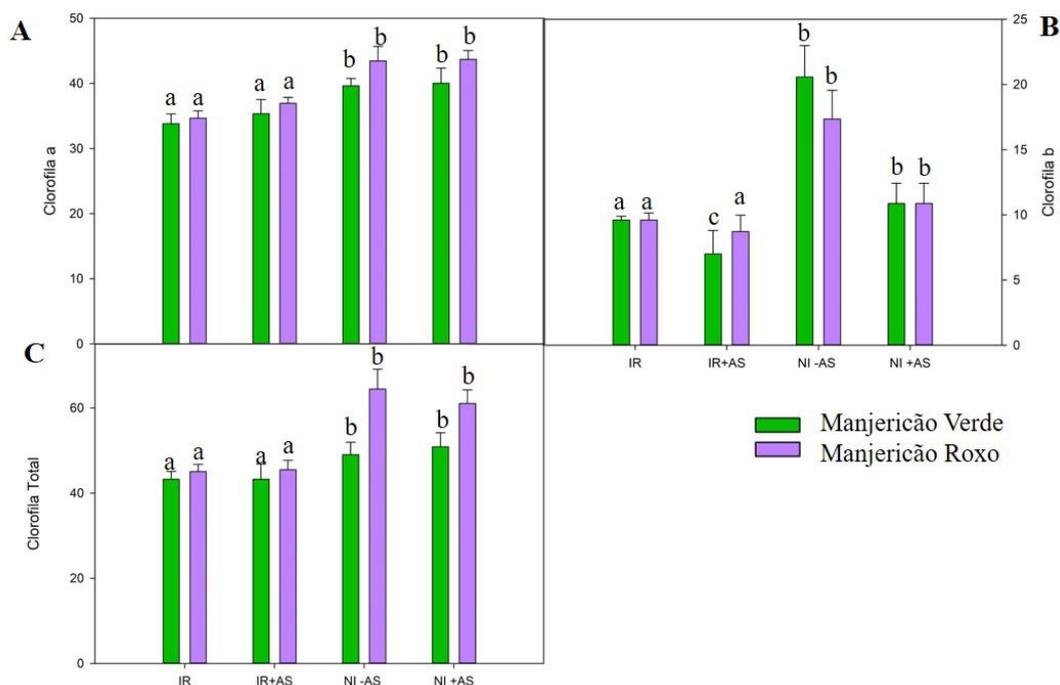
Ilustração do efeito da aplicação de AS no crescimento de plantas de cultivares de manjeriço verde e roxo sob déficit hídrico.



Houve um aumento no teor de clorofila em plantas de manjeriço de ambos os cultivares quando submetidas a déficit hídrico e a aplicação exógena do AS (Figura 3). O manjeriço roxo apresentou maior teor de clorofila total se diferindo estatisticamente da variedade verde (Figura 3C). Resultados semelhantes foram observados por Kordi et al. (2013), onde relatam que a aplicação de AS em plantas de manjeriço submetidas a déficit hídrico aumentou significativamente os pigmentos fotossintéticos comparados com o controle. Já os resultados observados por Carvalho et al. (2020), mostram que houve uma redução de 18% no teor de clorofila das plantas de manjeriço submetidas ao déficit hídrico com AS, quando comparadas com as plantas não irrigadas sem AS. O teor de clorofila nas folhas depende primariamente da carga genética, pois varia de acordo com a espécie, e genótipos dentro da espécie (Marenco et al., 2014).

**Figura 3.**

Impacto da aplicação exógena de AS no índice de clorofila em dois cultivares de manjeriço em condição controle e sob déficit hídrico. (A) Clorofila a, (B) Clorofila B e (C) Clorofila total. IR: Irrigadas; IR+AS: Irrigadas e com aplicação exógena de AS; NI-AS: Não irrigadas e sem aplicação de AS; e NI+AS: Não irrigadas e com aplicação de AS. Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste F ( $p \leq 0,05$ ).



O ácido salicílico desempenha um papel muito importante nas trocas gasosas de plantas de manjeriço irrigadas. Os resultados mostraram diferenças significativas entre os genótipos, não havendo diferenças significativas entre as interações (Tabela 1). Houve efeito significativo ( $0,01 \leq p < 0,05$ ) na taxa de fotossíntese das duas variedades de manjeriço quando submetidas a exposição ao AS e comparadas com o controle, onde o ácido salicílico agiu aumentando a atividade fotossintética de ambas (Tabela 1). O AS promoveu uma maior taxa de fotossíntese para o manjeriço roxo, apresentando também uma maior eficiência no uso da água. O AS é usado para regulação de diversos mecanismos fisiológicos, entre eles está a fotossíntese, crescimento e floração (Hayat et al., 2010).

**Tabela 1.**

Condutância estomática (gs), fotossíntese líquida (A), transpiração (E), carbono interno (Ci), eficiência instantânea no uso da água (EUA) e eficiência intrínseca no uso da água (EiUA) de duas variedades de manjeriço (Roxo e Verde) submetidas à aplicação de ácido salicílico em plantas irrigadas.

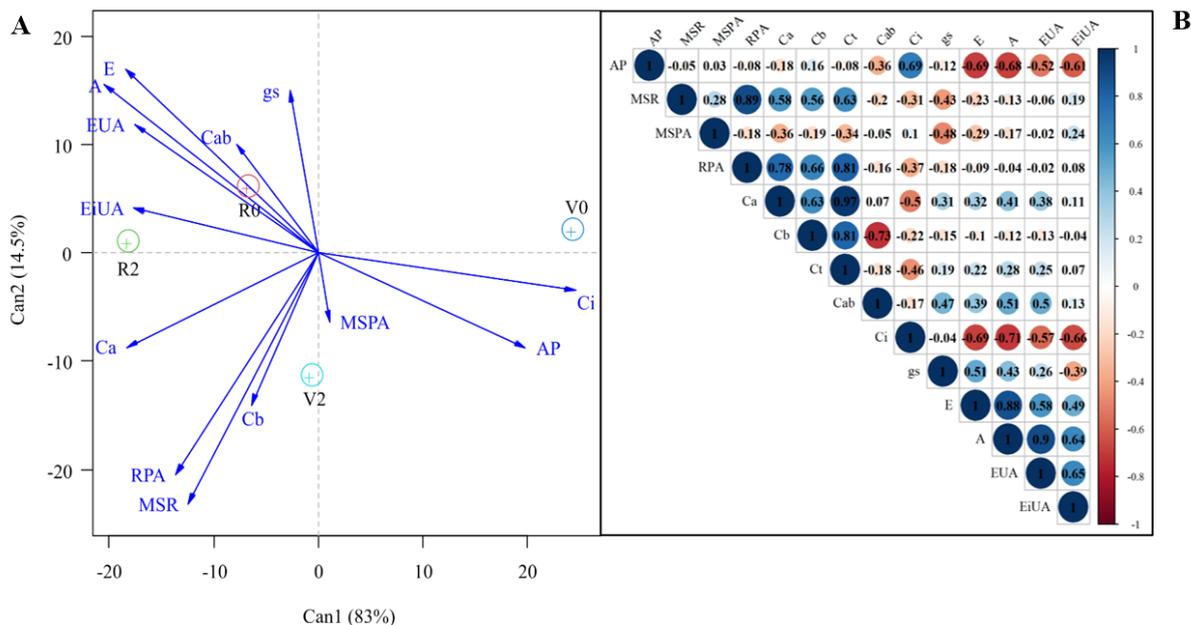
Variedade	<i>gs</i>			<i>A</i>		
	Ácido salicílico			Ácido salicílico		
	0	2	Média	0	2	Média
Roxo	0,044 aA	0,050 aA	0,047	6,34	6,97	6,66 a
Verde	0,046 aA	0,034 bB	0,04	3,84	3,72	3,78 b
Média	0,045	0,042		5,09 A	5,34 A	
Variedade	<i>E</i>			<i>Ci</i>		
	Ácido salicílico			Ácido salicílico		
	0	2	Média	0	2	Média
Roxo	1,66 aB	1,80 aA	1,73	228 bA	230 bA	229
Verde	1,36 bA	1,26 bA	1,31	299 aA	255 aB	277
Média	1,51	1,53		263	243	
Variedade	EUA			EiUA		
	Ácido salicílico			Ácido salicílico		
	0	2	Média	0	2	Média
Roxo	3,82	3,88	3,85 a	145	142	143 a
Verde	2,86	2,96	2,91 b	86	118	102 b
Média	3,34 A	3,42 A		115 A	130 A	

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste F ( $p \leq 0,05$ ).

As figuras 4 A e B ilustram as correlações das variáveis de crescimento, índices de clorofilas e trocas gasosas. observou se que a dimensão 1 foi responsável por explicar a maior parte dos resultados, onde, através da análise de cluster, observou-se que apenas o estresse hídrico foi responsável pelo agrupamento dos tratamentos.

**Figura 4.**

Análise de variáveis canônicas e elipses de confiança do crescimento, índices de clorofilas e trocas gasosas de duas variedades de manjeriço (Roxo e Verde) submetidas à aplicação de ácido salicílico (A). Correlação de Pearson para as variáveis de crescimento, índices de clorofilas e trocas gasosas de duas variedades de manjeriço (Roxo e Verde) submetidas à aplicação de ácido salicílico (B) em plantas irrigadas e sob déficit hídrico.



### Conclusões

Nas plantas irrigadas o ácido salicílico contribuiu para o crescimento em altura do manjeriço verde e aumentou significativamente a taxa fotossintética das variedades de manjeriço verde e roxo. Com relação as plantas submetidas ao déficit hídrico, o AS favoreceu o crescimento das raízes das plantas de manjeriço verde e roxo e contribuiu no aumento do teor de clorofila total para as plantas de manjeriço verde e roxo. Portanto, o AS proporciona um efeito benéfico em relação a incrementos na fotossíntese e na altura das plantas, assim como o aumento da massa seca das raízes é um indício de seu papel mitigador ao estresse hídrico.

### REFERÊNCIAS

ABBASI, T.; ABBASI, S.A. Biomass energy and the environmental impacts associated with its production and utilization. **Renew. Sustain. Energy Rev.** 2010, *14*, 919–937. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2009.11.006>

- BRODERSEN, C.R.; RODDY, A.B.; WASON, J.W.; MCELDRONE, A.J. Functional status of xylem through time. **Annu. Rev. Plant Biol.** 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-050718-100455>
- BORGES JÚNIOR, J. C. F.; ANJOS, R. T.; SILVA, T. J. A.; LIMA, J. R. S.; ANDRADE, C. L. T. Métodos de estimativa da evapotranspiração de referência diária para a microrregião de Garanhuns, PE. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola**, v. 16, n. 4, p. 380-390, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662012000400008>
- CARVALHO, J. S. B.; SILVA, J. P.R.; BATISTA, R. C. M. Uso de ácido salicílico como atenuador aos efeitos do déficit hídrico em plantas de manjeriço. **Diversitas Journal**, v.5, n.3, p.1561-1574, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.17648/diversitas-journal-v5i3-888>
- CHEN, Z.L.; LI, X.M.; ZHANG, L.H. Effect of salicylic acid pretreatment on drought stress response of zoysiagrass (*Zoysia japonica*). **Russ. J. Plant Physiol.** 2014. Disponível em: <https://link.springer.com/journal/11183>
- DAMALAS, C. A. Improving Drought Tolerance in Sweet Basil (*Ocimum Basilicum*) with Salicylic Acid. **Scientia Horticulturae**. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.11.005>
- EMBRAPA. Estresse biótico e abiótico de plantas. Disponível em: <[http://www.embrapa.br/conteudoweb//asset\\_publisher/fHv2QS3tL8Qs/content/estressebiotico-e-abiotico-de-plantas/1355163](http://www.embrapa.br/conteudoweb//asset_publisher/fHv2QS3tL8Qs/content/estressebiotico-e-abiotico-de-plantas/1355163)>. Último acesso em: 25 out 2020.
- FAVORITO, P. A; ECHER, M.M.2; OFFEMANN, L.C.1; SCHLINDWEIN, M.D.1; COLOMBARE, L.F.1; SCHINEIDER, R.P.1; HACHMANN, T.L. Características produtivas do manjeriço (*Ocimum basilicum* L.) em função do espaçamento entre plantas e entre linhas. **Revista brasileira de plantas medicinais**, vol.13. Botucatu, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1516-05722011000500013>
- HAYAT, Q.; HAYAT, S. et. al.; Salicylic acid mediated changes in growth, photosynthesis, nitrogen metabolism and antioxidant defense system in *Cicer arietinum* L. **Plant, Soil Environment**. v. 58, n. 9, p. 417-423, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.17221/232/2012-PSE>
- HUSSEIN, M. M.; BALBAA, L. K.; GABALLAH, M. S. Salicylic acid and salinity effects on growth of maize plants. **Research Journal of Agriculture and Biological Sciences**, v.3, n.4, p. 321-328, 2007.
- KHAN, M. I. R.; FATMA, M.; PER, T. S.; ANJUM, N. A.; KHAN, N. A. Salicylic acid-induced abiotic stress tolerance and underlying mechanisms in plants. **Frontiers in Plant Science**, v.6, p.1-17, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00462>
- KORDI, S.; SAIDI, M.; GHANBARI, F. Induction of drought tolerance in sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) by salicylic acid. **International Journal of Agricultural and Food Research**, Vol. 2 No. 2, p. 18-26, 2013. Disponível em <http://dx.doi.org/10.24102/ijafr.v2i2.149>

- MARENCO, R. A.; NASCIMENTO, H. C. S.; MAGALHÃES, N. S.; Stomatal conductance in Amazonian tree saplings in response to variations in the physical environment. **Photosynthetica** 52:493–500, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11099-014-0056-3>
- MAY, A.; TANAKA, M.A.S.; SILVA, E.H.F.M.; PINHEIRO, M.Q. Ocorrência de cercosporiose em *Ocimum basilicum* L. **Centro de horticultura Plantas Aromáticas e Mediciniais**. 2008. Disponível em: <<http://www.iac.sp.gov.br/Tecnologias/Aromaticas.htm>>. Último acesso em: 11 mar. 2021.
- MULUGETA, SINTAYEHU MUSIE, AND PÉTER RADÁCSI. Influence of Drought Stress on Growth and Essential Oil Yield of *Ocimum* Species. **Horticulturae** 8.2 .2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/horticulturae8020175>
- NAJAFABADI M.Y., EHSANZADEH P. Photosynthetic and antioxidative upregulation in drought-stressed sesame (*Sesamum indicum* L.) subjected to foliar-applied salicylic acid. **Photosynthetica**. 2017. Disponível em: DOI: 10.1007/s11099-017-0673-8
- NAZAR R., UMAR S., KHAN N.A., SAREER O. Salicylic acid supplementation improves photosynthesis and growth in mustard through changes in proline accumulation and ethylene formation under drought stress. **South Afr. J. Bot.** 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2015.02.005>
- PEREIRA, F.J.; DE CASTRO, E.M.; DE SOUZA, T.C, MAGALHÃES, P.C. Evolução da anatomia radicular do milho ‘Saracura’ em ciclos de seleção sucessivos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v43, n,12, 0.649-1656, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2008001200002>
- PINHEIRO, C.; CHAVES, M. M. Photosynthesis and drought: can we make metabolic connections from available data? **Journal of Experimental Botany**, v. 62, p. 869N – 882, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/jxb/erq340>
- PACHECO, A. C.; CUSTÓDIO, C. C.; MACHADO NETO, N. B.; CARVALHO, P. R.; PEREIRA, D. N.; PACHECO, J. G. E. Germinação de sementes de camomila [*Chamomilla recutita* (L.) Rauschert] e calêndula (*Calendula officinalis* L.) tratadas com ácido salicílico. **Revista brasileira de plantas medicinais**, Botucatu, v. 9, n. 1, p.61-67, mar. 2007. Disponível em: [https://www1.ibb.unesp.br/Home/Departamentos/Botanica/RBPM-RevistaBrasileiradePlantasMedicinais/artigo9\\_v9\\_n1.pdf](https://www1.ibb.unesp.br/Home/Departamentos/Botanica/RBPM-RevistaBrasileiradePlantasMedicinais/artigo9_v9_n1.pdf)
- RIBEIRO M. F.; DONINI L. P.; SOUZA, J. A.; GUISSO A. P.; MOURA I. F.; BOBROWSKI V. L.; VIEGAS J. Influência de Diferentes Concentrações de Sais de MS e Açúcares 29 no cultivo in vitro de Manjeriço (*Ocimum basilicum* L.). **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, p. 57-59, 2007. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/seerbio/ojs/index.php/rbb/article/view/97>

SAHERI, F.; BARZIN, G.; PISHKAR, L.; AKBAR-BOOJAR, M.M.; BABAEKHO, L. Foliar spray of salicylic acid induces physiological and biochemical changes in purslane (*Portulaca oleracea* L.) under drought stress. **Biologia**. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.2478/s11756-020-00571-2>

SANKARI M., HRIDYA H., SNEHA P., DOSS C.G.P., CHRISTOPHER J.G., MATHEW J., ZAYED H., RAMAMOORTHY S. Implication of salt stress induces changes in pigment production, antioxidant enzyme activity, and qRT-PCR expression of genes involved in the biosynthetic pathway of Bixa orellana L. **Funct. Integr. Genom.** 2019. Disponível em: doi: 10.1007/s10142-019-00654-7

SHI, Q.; BAO, Z.; ZHU, Z.; YING, Q.; QIAN, Q. Effects of different treatments of salicylic acid on heat tolerance, chlorophyll fluorescence, and antioxidant enzyme activity in seedlings of *Cucumis sativa* L. **Journal of Plant Physiology**, v. 52, n. 2, p. 793-800, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10725-005-5482-6>

SILVA, V. M. da. O efeito do ácido salicílico em plantas de manjeriço (*Ocimum basilicum* L.) sob estresse hídrico. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Unidade Acadêmica de Garanhuns, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Garanhuns, 2018.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. Fisiologia do desenvolvimento vegetal. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 918p.

WANG Y.Y., WANG Y., LI G.Z., HAO L. Salicylic acid-altering Arabidopsis plant response to cadmium exposure: underlying mechanisms affecting antioxidation and photosynthesis-related processes. **Ecotoxicol. Environ. Saf.** 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.11.062>

ZAFAR, Z.; RASHEED, F.; ATIF, R.M.; JAVED, M.A.; MAQSOOD, M.; GAILING, O. Foliar application of salicylic acid improves water stress tolerance in *Conocarpus erectus* L. and *Populus deltoides* L. saplings: Evidence from morphological, physiological, and biochemical changes. **Plants**. 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2223-7747/10/6/1242#>