

Ácido salicílico como atenuador do déficit hídrico em canola

Salicylic acid as a water deficit mitigator in canola

Bruna Staruck Cardoso¹ (ORCID 0000-0003-2695-418X), **Eliete de Fátima Ferreira da Rosa**¹ (ORCID 0000-0001-9131-8118),
Jéssica Fernandes Kaseker² (ORCID 0000-0001-5487-7439), **Marcos André Nohatto**¹ (ORCID 0000-0002-0820-330X),
Steffani da Luz¹ (ORCID 0000-0001-5442-7403)

¹Instituto Federal Catarinense, Santa Rosa do Sul, SC, Brasil. *Autor para correspondência: jessikaseker@hotmail.com

²Pesquisadora autônoma, Lapa, PR, Brasil.

Submissão: 07/07/2022 | Aceite: 14/09/2022

RESUMO

A aplicação de reguladores de crescimento vegetal representa uma alternativa para atenuar a ocorrência de estresse nos cultivos, tais como períodos de escassez hídrica na canola (*Brassica napus* L.) Diante disso, objetivou-se avaliar a aplicação de ácido salicílico no desenvolvimento inicial da cultura da canola submetida a déficit hídrico. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, no delineamento experimental de blocos casualizados em esquema fatorial 5 x 2, composto por cinco doses de ácido salicílico (0; 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 mM L⁻¹) e dois regimes hídricos, com e sem déficit hídrico (25% e 80% da capacidade de vaso), com quatro repetições. As variáveis analisadas foram injúrias visuais, altura de plantas, teor de clorofila e massa seca da parte aérea. A aplicação de diferentes doses de ácido salicílico não apresentou diferenças significativas em relação a não aplicação. O déficit hídrico resultou em maior porcentagem de injúrias, menor altura e massa seca de plantas, indicando a ocorrência de estresse à cultura. A aplicação de ácido salicílico não atenuou os efeitos do déficit hídrico, assim como não demonstrou efeitos benéficos no desenvolvimento das plantas de canola.

PALAVRAS-CHAVE: *Brassica napus* L.; Brassiaceae; estresse hídrico; regulador de crescimento.

ABSTRACT

The application of plant growth regulators represents an alternative to attenuate the occurrence of stress in crops, such as periods of water scarcity in canola (*Brassica napus* L.). Therefore, the objective was to evaluate the application of salicylic acid in the initial development of the crop. of canola subjected to water deficit. The experiment was carried out in a greenhouse, in a randomized block design in a 5 x 2 factorial scheme, consisting of five doses of salicylic acid (0; 0.5; 1.0; 1.5 and 2.0 mM L⁻¹) and two water regimes, with and without water deficit (25% and 80% of vessel capacity), with four replications. The variables analyzed were visual injuries, plant height, chlorophyll content and shoot dry mass. The application of different doses of salicylic acid did not present significant differences in relation to non-application. The water deficit resulted in a higher percentage of injuries, lower height and dry mass of plants, indicating the occurrence of stress to the crop. The application of salicylic acid did not attenuate the effects of water deficit, as well as it did not demonstrate beneficial effects on the development of canola plants.

KEYWORDS: *Brassica napus* L.; Brassiaceae; hydrical stress; growth regulator.

INTRODUÇÃO

A canola (*Brassica napus* L.), oleaginosa da família Brassiaceae, é originária do melhoramento genético da colza. Produz grãos com alto teor de óleo e proteína, sendo utilizada para a produção de óleo vegetal para alimentação humana, como insumo para alimentação animal, e na produção de biodiesel (PEREIRA et al. 2019, CHMIELEWSKA et al. 2021). Além disso, essa espécie é uma boa alternativa para a rotação de culturas com milho, soja, feijão ou trigo, proporcionando aumento no rendimento e qualidade desses grãos (ANGELOTTI-MENDONÇA et al. 2016).

No Brasil, a cultura da canola está presente principalmente nos estados do Sul. Na safra de 2022, há estimativa de cultivo de mais de 40 mil hectares, produção de 56 mil toneladas de grãos e produtividade média de grãos de 1.405 kg ha⁻¹ (CONAB 2022). Contudo, diversos fatores podem influenciar na produtividade ao decorrer de cada cultivo, e entre estes se destaca a disponibilidade hídrica, pois a cultura

apresenta sensibilidade a deficiência hídrica em todas as suas fases de desenvolvimento do ciclo, interferindo significativamente no rendimento de grãos (ANGELOTTI-MENDONÇA et al. 2016, EL SABAGH et al. 2019).

Alternativa para tentar atenuar os danos oriundos de estresses abióticos nas plantas, entre eles o estresse hídrico, é o emprego de reguladores de crescimento vegetal, que resultam em melhorias no desenvolvimento da cultura e em muitos casos torna-se indispensável à viabilidade do cultivo (RODRIGUES & FIOREZE 2015). Entre esses, os hormônios vegetais, como auxinas, giberelinas, salicilatos, jasmonatos e poliaminas, e seus respectivos correspondentes sintéticos, podem se constituir em alternativas (DIAS 2020).

Entre os hormônios vegetais, o ácido salicílico possui potencial de atenuar os efeitos abióticos prejudiciais ao desenvolvimento vegetal. Esse é capaz de acionar o sistema de defesa da planta por meio da indução de genes, quando ocorre aumento da sua concentração em situações de estresse (KLESSIG et al. 2016, TAIZ et al. 2017, ARIF et al. 2020).

São diversos os mecanismos pelos quais o ácido salicílico induz a resistência em condições de estresse. Podem ser citados o aumento da atividade antioxidante e eliminação de espécies reativas de oxigênio, aliviando o estresse oxidativo; aumento na produção de metabólitos secundários; regulação de outras vias hormonais; e a mediação do acúmulo de osmólitos compatíveis, compostos orgânicos osmoticamente ativos que auxiliam na manutenção do potencial hídrico nas células em condições de solo seco (TAIZ et al. 2017, MO KOO et al. 2020, SANTOS et al. 2022). Além disso, a aplicação exógena de ácido salicílico induz a expressão de um conjunto de genes relacionados à patogênese, cuja superexpressão demonstrou não apenas o aumento da resistência aos patógenos, mas também à diferentes estresses abióticos (MO KOO et al. 2020).

Estudos com a aplicação do ácido salicílico demonstraram seu potencial mitigador dos efeitos nocivos em situações de estresses em várias culturas, como em situações de estresse salino em cana-de-açúcar e gravioleira (SANTOS et al. 2019, SILVA et al. 2020). Além disso, também há estudos de sua utilização como atenuador de fitotoxicidade causada por herbicidas na cultura do trigo e soja (DIAS et al. 2017, DIAS et al. 2019), minimizador dos efeitos do déficit hídrico no milho (GOMES et al. 2018), assim como aumento da tolerância a metais pesados, como o excesso de níquel em mostarda (ZAID et al. 2019).

Efeitos benéficos da aplicação do ácido salicílico também foram verificados em canola, sob condições de estresse causado por patógenos, salinidade, e escassez hídrica (NOVÁKOVÁ et al. 2014, FARHANGI-ABRIZ et al. 2018, LA et al. 2019b). Entretanto, estudos demonstram que não há efeito benéfico da aplicação do ácido salicílico em situações de estresses (LOPES et al. 2019), ou ainda constataram efeito negativo no desenvolvimento das plantas (FURTADO et al. 2020).

Assim, diante dos resultados contrastantes que indicam o potencial do ácido salicílico como atenuador de efeitos de estresses abióticos, evidencia-se a importância de novas pesquisas para geração de informações mais consistentes, especialmente para a cultura da canola. Desta forma, objetivou-se avaliar a aplicação de ácido salicílico no desenvolvimento inicial da cultura dessa espécie submetida ao déficit hídrico.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo com canola, cultivar Nuola 300, foi conduzido em casa de vegetação localizada no município de Arroio do Sal - RS, em junho de 2021. De acordo com a classificação de Köppen, o clima na região é do tipo Cfa, isto é, subtropical úmido, sem estação seca definida e com verão quente, com temperatura média anual de 19 °C e volume de chuvas variando de 1600 a 1900 mm ao ano (ALVAREZ et al. 2014).

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, em esquema fatorial 5 x 2, com quatro repetições, sendo o primeiro fator composto por cinco doses de ácido salicílico (0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 mM L⁻¹); e o segundo por dois regimes hídricos, com déficit hídrico (25% da capacidade de vaso) e sem estresse hídrico (80% da capacidade de vaso).

O experimento teve início em junho de 2021 e foi conduzido em vasos plásticos com volume de 2,6 L, preenchidos com 2,0 kg de solo classificado como Gleissolo Melânico (SANTOS et al. 2018). Em cada vaso foram semeadas seis sementes de canola em profundidade de 1,0 cm. Após a emergência foi realizado o desbaste, mantendo-se duas plantas por vaso.

Somado a isso, realizou-se o acompanhamento diário da temperatura no interior da casa de vegetação em dois horários, às 10:00 e 15:00 horas, por meio de um termômetro digital localizado no centro da área experimental. A temperatura média no período foi de 20,1 °C, com mínima de 11,3 °C e máxima de 29,9 °C (Figura 1).

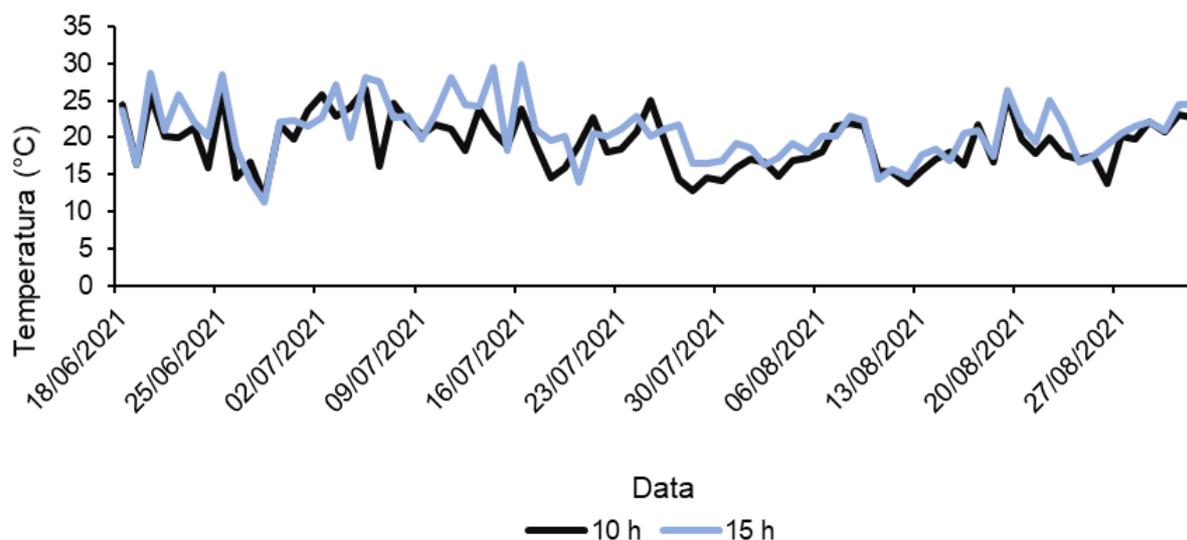


Figura 1. Temperaturas registradas no interior da casa de vegetação no período de condução do experimento, em dois horários.

Figure 1. Temperatures recorded inside the greenhouse during the experiment, at two hours.

Previamente a implantação do experimento, realizou-se a caracterização química e física do solo (Tabela 1). Com base na análise, foi determinada a necessidade de adubação para a expectativa de rendimento de $1,5 \text{ t ha}^{-1}$ (SBCS 2016). No momento da semeadura, aplicou-se o equivalente a $66,7 \text{ kg ha}^{-1}$ (1 g vaso^{-1}) de ureia e $54,4 \text{ kg ha}^{-1}$ ($0,8 \text{ g vaso}^{-1}$) de cloreto de potássio. Após a expansão da quarta folha, realizou-se a adubação de cobertura com aplicação de 150 kg ha^{-1} (2 g vaso^{-1}) de sulfato de amônio.

Tabela 1. Caracterização química e física dos solos antes da implantação do experimento.

Table 1. Chemical and physical soil characterization before the experiment implementation.

Areia	Silte	Argila	M.O.*	pH	Ca	Mg	Al	H+Al
----- % -----				água	----- $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ -----			
67	3	30	2,5	6,1	6,1	3,1	0,0	2,0
P	K	S	Zn	V	m	SB	CTC _{ef}	CTC _{pH7,0}
----- mg dm^{-3} -----				----- % -----	----- $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ -----			
49,5	120	7,1	7,9	82,8	0,0	9,5	9,5	11,5

*M.O.= matéria orgânica; V= saturação de bases; m= saturação por alumínio; SB= soma de bases; CTC_{ef}= capacidade de troca de cátions efetiva; CTC_{pH7,0}= capacidade de troca de cátions em pH 7,0.

O teor de umidade do solo na capacidade de campo foi determinado por meio da capacidade de vaso, com quatro repetições (CASAROLI & LIER 2008, ECCO et al. 2014). Os vasos preenchidos com solo foram inicialmente acondicionados em recipiente com água na altura de 2/3 do vaso, por 24 horas, para atingir a saturação. Após este período, os vasos foram retirados da água e, após drenagem natural, foram pesados em balança de precisão para determinação da massa de solo na capacidade de vaso.

Em seguida, o solo foi levado para secagem em estufa de circulação de ar forçado com temperatura de $50 \text{ }^\circ\text{C}$ até atingir peso constante, e novamente pesado para determinação da massa seca. Por fim, o teor de umidade foi obtido por meio da diferença entre a massa do solo na capacidade de vaso e do solo seca. Com base nesse valor, determinou-se os valores referentes a 25 e 80% da capacidade de vaso para aplicação dos tratamentos.

O ácido salicílico (AS) utilizado possui teor mínimo de 99% de pureza ($\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_3$; $138,12 \text{ g mol}^{-1}$). As doses foram diluídas em 1 L de água e aplicadas quando as plantas estavam no estágio fenológico B6, com seis folhas visíveis (CETIOM 1992). A aplicação ocorreu às 7:00 horas, com auxílio de pulverizador manual Pratical Brudden® de capacidade de 1,5 L, com pressão acumulada e em única aplicação. Foram aplicados 25 mL de solução por planta, na face adaxial e abaxial da folha, totalizando 50 mL por vaso.

Visando avaliar os efeitos preventivos do ácido salicílico, os regimes hídricos foram iniciados sete dias após a aplicação das doses e mantidos durante sete dias. Antes e após esse período, os vasos foram mantidos sem estresse hídrico. A quantidade de água a ser repostada diariamente para manutenção dos 25 e

dos 80% da capacidade de vaso dos tratamentos foram calculadas através de pesagem, pela diferença entre o peso atual e o inicial do vaso. Este controle foi realizado diariamente, às 16 horas.

Para acompanhamento mais preciso do teor de umidade no solo, foram mantidos 14 vasos complementares submetidos as mesmas condições do experimento, ou seja, sete vasos sob estresse hídrico e sete vasos sem estresse, com duas plantas de canola em cada. Essas plantas foram coletadas, de um vaso de cada regime hídrico a cada dia, e pesadas para somar a massa da planta ao peso inicial dos vasos, buscando maior exatidão na quantidade de água a ser repostada em cada vaso.

Na finalização dos regimes hídricos, as plantas estavam em estágio fenológico C1 (CETIOM 1992), com final do subperíodo de roseta e aparecimento de novas folhas. Somado a isso, realizou-se uma aplicação do inseticida teflubenzurom na dose de 200 mL p.c.ha⁻¹ e volume de calda de 200 L ha⁻¹, em virtude da ocorrência de traça-das-crucíferas (*Plutella xylostella*). Foram avaliadas a ocorrência de injúrias, altura da planta e teor de clorofila, aos 1, 7, 14 e 21 dias após o término dos regimes hídricos (DAT), como também a massa seca da parte aérea, aos 21 DAT.

A ocorrência de injúrias foi determinada de forma visual, realizada por dois avaliadores, utilizando uma escala percentual em que 0% representa a ausência de sintomas de estresse hídrico, e 100% representa a morte das plantas (SBCPD 1995). A ocorrência de folhas sem turgor, clorose e necrose das folhas, e abortamento de flores foram os itens considerados como injúrias.

A altura foi mensurada com auxílio de uma fita métrica, medindo a distância entre a base da planta até a última folha expandida ou flor visível. O teor de clorofila foi determinado por meio do clorofilômetro ClorofiLog Falker®, na sexta folha visível de cada planta.

Para determinação da massa seca da parte aérea, as plantas foram seccionadas no nível do solo, secas em estufa com circulação de ar forçado a 60 °C por 72 h, e posteriormente pesadas em balança de precisão.

Os dados foram submetidos à análise de variância ($p \leq 0,05$) e, quando constatado interação entre os fatores, realizou-se à análise de regressão. Quando não houve interação entre os fatores, as médias foram submetidas ao teste de Tukey ($p \leq 0,05$), utilizando o Software SISVAR. A escolha do modelo de regressão foi determinada conforme a significância dos coeficientes analisados e com base no comportamento biológico do fenômeno.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao avaliar a ocorrência de injúrias visuais, verifica-se que a aplicação exógena das doses de ácido salicílico (AS) resultou em diferenças somente nos tratamentos com restrição hídrica (Tabela 2). As plantas que receberam a dose de 1,0 mM mostraram menos injúrias do que aquelas oriundas de 0,5 mM, sem diferenciação com as demais doses, incluindo a testemunha.

Tabela 2. Porcentagem de injúrias visuais em plantas de canola (*Brassica napus* L.) em razão da aplicação de diferentes doses de ácido salicílico (AS) em dois regimes hídricos, sem estresse hídrico (80% da capacidade de vaso) e com estresse hídrico (25% da capacidade de vaso). Valores médios observados aos 1,7, 14 e 21 dias após término da aplicação dos regimes hídricos.

Table 2. Percentage of visual injuries observed in canola (*Brassica napus* L.) plants due to the application of different doses of salicylic acid (SA) in two water regimes, without water stress (80% of the pot capacity) and with water stress (25% of pot capacity). Mean values observed at 1.7.14 and 21 days after the end of the application of water regimes.

Doses de AS (mM)	Sem estresse	%	Com estresse
0,0	4,25 b A ¹		10,80 a AB
0,5	2,95 b A		12,68 a A
1,0	5,00 b A		7,80 a B
1,5	4,15 b A		10,85 a AB
2,0	3,93 b A		11,78 a AB
CV (%)	13,84		

¹Médias seguidas pela mesma letra, minúscula nas linhas e maiúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Considerando os efeitos dos regimes hídricos, constatou-se que a capacidade de vaso de 25% afetou negativamente as plantas de canola, causando maiores injúrias visuais do que em plantas mantidas a 80%

da capacidade de vaso.

Os dados obtidos corroboram com outros resultados da aplicação de AS em plantas de canola submetidas a escassez hídrica, no qual o déficit hídrico ocasionou murchamento visível das folhas, bem como redução do potencial hídrico foliar para o nível mínimo (LA et al. 2019a). Estes autores ainda relataram que a combinação do período de estresse hídrico e a aplicação exógena de ácido salicílico induziram o acúmulo de espécies reativas de oxigênio, intensificando os efeitos do déficit hídrico. Em situações de estresse, as plantas emitem respostas morfológicas de acordo com os danos nos processos fisiológicos, os quais podem variar conforme a espécie do vegetal, período do ciclo, cultivar, tempo de exposição, entre outros (CARVALHO et al. 2017).

As doses de AS não resultaram em diferença significativa dentro dos regimes hídricos avaliados para a altura de plantas (Tabela 3). Entretanto, verificou-se diferença entre os regimes hídricos no tratamento onde foi aplicada a maior dose de AS (2,0 mM), sendo que as plantas sob estresse resultaram em menor altura do que aquelas sem estresse.

Tabela 3. Altura de plantas de canola (*Brassica napus* L.) em razão da aplicação de diferentes doses de ácido salicílico (AS) em dois regimes hídricos, sem estresse hídrico (80% da capacidade de vaso) e com estresse hídrico (25% da capacidade de vaso).

Table 3. Height of canola (*Brassica napus* L.) plants due to the application of different doses of salicylic acid (SA) in two water regimes, without water stress (80% of pot capacity) and with water stress (25% of pot capacity).

Doses de AS (mM)	Sem estresse cm	Com estresse
0,0	48,75 a A ¹	46,91 a A
0,5	46,63 a A	47,35 a A
1,0	47,47 a A	42,66 a A
1,5	47,44 a A	45,32 a A
2,0	51,28 a A	40,63 b A
CV (%)	7,82	

¹Médias seguidas pela mesma letra, minúscula nas linhas e maiúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Conforme os resultados obtidos em pesquisa realizada em couve (*Brassica oleracea*), a aplicação de doses de AS influenciou na redução da altura média de plantas conforme o aumento da dose, mesmo sem a ocorrência de estresses. Além disso, a dose de 2,0 mM ocasionou menor diâmetro do caule (PRIMAK & LIMA 2017). Este fato pode ser explicado em virtude de o ácido salicílico influenciar o crescimento das plantas por meio da sua atuação na biossíntese de lignina. Em vista disso, altas concentrações deste salicilato nos vegetais ocasiona maior rigidez na parede celular, o que pode dificultar a alongação das células (VAN BUTSELAAR & VAN DEN ACKERVEKEN 2020).

Para a variável clorofila, não houve interação entre os fatores avaliados e, por isso, os resultados foram avaliados individualmente (Tabela 4). A aplicação das diferentes doses de AS não resultou em diferença significativa nos teores obtidos. Já para os regimes hídricos, constatou-se que as plantas submetidas ao estresse hídrico obtiveram maior teor de clorofila, quando comparadas as plantas sem estresse hídrico. Entretanto, este dado discorda do obtido em experimento realizado com *Brassica napus* submetida há períodos com baixo regime hídrico e aplicação de AS (LA et al. 2019b). No experimento, os autores verificaram diminuição no teor de clorofila nas plantas perante estresse hídrico. Aliado a isso, houve redução na expressão do gene correlacionado a clorofila sintase, assim como aumento do gene associado a senescência.

As moléculas de clorofilas são pigmentos fotossintéticos, que, basicamente, são responsáveis pela absorção de luz e são excitadas por fótons de luz. As clorofilas passam por um evento denominado de fotoxidação, que se constitui no processo primário da fotossíntese, iniciando o fluxo fotossintético. Em situações de estresse para as plantas, como no caso do déficit hídrico, podem ocorrer a formação de radicais livres, como as espécies reativas de oxigênio, sendo que quando acumulados destroem membranas e, inclusive, as moléculas de clorofilas (KERBAUY 2019). Contudo, conforme os dados obtidos no presente estudo, considerando o estágio de desenvolvimento da planta no momento de aplicação dos regimes hídricos e da avaliação, não deve ter ocorrido degradação das moléculas de clorofila.

Tabela 4. Teor de clorofila em plantas de canola (*Brassica napus* L.) em razão da aplicação de diferentes doses de ácido salicílico (AS) em dois regimes hídricos, sem estresse hídrico (80% da capacidade de vaso) e com estresse hídrico (25% da capacidade de vaso).

Table 4. Chlorophyll content in canola (*Brassica napus* L.) plants due to the application of different doses of salicylic acid (SA) in two water regimes, without water stress (80% of pot capacity) and with water stress (25% of pot capacity).

Tratamentos		Teor de Clorofila
Doses de AS (mM)		
0,0		44,17 ^{ns}
0,5		42,74
1,0		42,68
1,5		43,62
2,0		43,37
Regime hídrico		
Sem estresse		40,52 b ¹
Com estresse		46,11 a
CV (%)		5,90

^{ns}Não significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste de Tukey ($p > 0,05$). ¹Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Avaliando o efeito da aplicação de diferentes doses de AS em plantas de milho submetidas ao déficit hídrico, GOMES et al. (2018) também não constataram efeito da aplicação do fitormônio, mas verificaram aumento nos teores de clorofila das plantas submetidas ao estresse hídrico, indicando uma reação de defesa da planta. Os autores ainda relatam que o teor elevado de clorofila pode indicar a indução de precocidade da planta, em virtude da maior disponibilidade de fotoassimilados, abreviando o seu ciclo de vida.

Reduzir ou prolongar o ciclo de vida conforme a disponibilidade de água, fenômeno denominado plasticidade, é um dos mecanismos das plantas para atenuar os danos oriundo da deficiência hídrica (BIANCHI et al. 2016, SELEIMAN et al. 2021). É possível que esse mecanismo tenha sido ativado no presente estudo na condição de escassez hídrica.

Avaliando a massa seca da parte aérea, não se observou interação entre os fatores, sendo os resultados discutidos individualmente (Tabela 5). As doses de AS aplicadas nas plantas de canola não resultaram em diferença significativa na massa seca da parte aérea das plantas. Contudo, os regimes hídricos apresentaram diferença significativa, em que as plantas de canola submetidas ao estresse hídrico apresentaram menor massa seca, comparado às plantas sem estresse.

Tabela 5. Massa seca da parte aérea de plantas de canola (*Brassica napus* L.) em razão da aplicação de diferentes doses de ácido salicílico (AS) em dois regimes hídricos, sem estresse hídrico (80% da capacidade de vaso) e com estresse hídrico (25% da capacidade de vaso).

Table 5. Canola (*Brassica napus* L.) shoot dry mass due to the application of different doses of salicylic acid (SA) in two water regimes, without water stress (80% of pot capacity) and with stress water (25% of pot capacity).

Tratamentos		Massa seca (g)
Doses de ácido salicílico (mM)		
0,0		9,64 ^{ns}
0,5		9,31
1,0		9,43
1,5		9,78
2,0		9,48
Regime hídrico		
Sem estresse		10,06 a ¹
Com estresse		9,00 b
CV (%)		15,92

^{ns}Não significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste de Tukey ($p > 0,05$). ¹Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Comportamentos similares foram constatados na aplicação de doses de AS (0,0; 0,5; 1,0; 2,0 mM) em feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), submetidas à diferentes regimes hídricos, não havendo interação entre os fatores, tampouco efeito significativo da aplicação de AS na massa seca da parte aérea das plantas (SANTOS et al. 2020). Os autores ainda citam que a deficiência hídrica interfere na divisão e expansão celular, ambos relacionados ao crescimento das plantas. Desta forma, é possível compreender o menor desenvolvimento das plantas submetidas ao estresse hídrico, observado através da redução da biomassa.

Em resumo, a redução da massa seca e a maior porcentagem de injúrias das plantas submetidas ao regime hídrico de 25% da capacidade de vaso indicam que a restrição hídrica ocasionou estresse nas plantas de canola. Ainda, a menor altura observada em função da restrição hídrica apenas na maior dose aplicada de AS, mostra que a ação do fitormônio em atenuar os efeitos do estresse foi negativa.

Até o presente momento, são escassos os estudos publicados com aplicação de diferentes doses de AS para cultura da canola, assim como período e método de aplicação. Entretanto, alguns autores utilizaram a dose de 0,5 mM de AS na canola (LA et al. 2019a, LA et al. 2019b), assim como em demais espécies do gênero *Brassica*, em situações de estresse (NAZAR et al. 2015). Apesar disso, cada experimento apresenta uma metodologia diferente, o que dificulta compreender o modo de absorção e o período ideal de aplicação para obter-se o AS como atenuador dos efeitos deletérios de situações de estresse.

Vários são os fatores podem ter contribuído para a falta de resposta observada no presente estudo, entre eles a época de aplicação, a forma de preparo da solução de ácido salicílico, a cultivar e estágio fenológico, sendo necessária a continuação dos estudos para maiores elucidações sobre a ação do AS e seu envolvimento no mecanismo de tolerância a estresses.

Recomenda-se que em futuras pesquisas sejam utilizados métodos diferentes de solubilização do salicilato a fim de garantir a disponibilidade da dose pretendida, considerando a sua baixa solubilidade em água (ANVISA 2019). Álcool etílico, onde é facilmente solúvel, ou ainda água aquecida, etanol, óleos graxos e adjuvantes são algumas opções. Além disso, um maior número de aplicações pode ser testado.

Ainda, é importante considerar a época de aplicação, que no presente trabalho foi sete dias antes do período de estresse hídrico. A aplicação do AS anteriormente aos regimes hídricos teve o intuito de promover uma prevenção ao estresse hídrico, por meio da resistência sistêmica adquirida ativada pela concentração de AS nas plantas (ARIF et al. 2020). Em outro estudo com a aplicação do AS em plantas de canola, também de forma preventiva, porém realizada por cinco dias antes da ocorrência do déficit hídrico, se observou o efeito atenuador dos sintomas de estresse (LA et al. 2019b), indicando uma possível variação relacionada com o tempo de reação da planta.

CONCLUSÃO

Plantas de canola submetidas à capacidade de vaso de 25% apresentaram sintomas de estresse hídrico, como maior porcentagem de injúrias visuais e menor desenvolvimento de parte aérea.

A aplicação de ácido salicílico não atenuou os efeitos ocasionados pelo estresse hídrico em plantas de canola, assim como não demonstrou efeitos benéficos no desenvolvimento das plantas sem estresse hídrico.

REFERÊNCIAS

- ALVAREZ CA et al. 2014. Koppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift* 22: 711–728.
- ANGELOTTI-MENDONÇA J et al. 2016. Canola (*Brassica napus* L.). Piracicaba: ESALQ. 32 p.
- ANVISA. 2019. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Farmacopeia Brasileira. 6.ed. Brasília: ANVISA. 903 p.
- ARIF Y et al. 2020. Salicylic acid in relation to other phytohormones in plant: a study towards physiology and signal transduction under challenging environment. *Environmental And Experimental Botany* 175: 1-70.
- BIANCHI L et al. 2016. Adaptação das plantas ao déficit hídrico. *Acta Iguazu* 5: 15-32.
- CARVALHO M et al. 2017. Cowpea: a legume crop for a challenging environment. *Journal of The Science of Food And Agriculture* 97: 4273-4284.
- CASAROLI D & LIER Q de JV. 2008. Critérios para determinação da capacidade de vaso. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 32: 59-66.
- CETIOM. 1992. Centre Technique Interprofessionnel des Oléagineux Métropolitains. La cultura du colza d'hiver: Guide cultural 1991/1992. Paris: CETIOM. 33 p.
- CHMIELEWSKA A et al. 2021. Canola/rapeseed protein – nutritional value, functionality and food application: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 61: 1-21.
- CONAB. 2022. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de Grãos 2021/2022 – 8º levantamento. Brasília: Conab. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/graos/boletim-da-safra-de>

- graos. Acesso em: 03 jun 2022.
- DIAS RC et al. 2017. Ácido salicílico como atenuador de fitotoxicidade causada pelo flumioxazin na cultura do trigo. *Revista de Ciências Agrárias* 60: 152-157.
- DIAS RC et al. 2019. Ácido salicílico e acibenzolar-S-methyl como atenuadores de fitointoxicação causada pelo chlorimuron-ethyl na cultura da soja. *Revista de ciências agrárias* 42: 430-439.
- DIAS JPT (org.). 2020. Usos e aplicações de reguladores vegetais. Belo Horizonte: UEMG. 142 p.
- ECCO M et al. 2014. Respostas biométricas em plantas jovens de cana-de-açúcar submetidas ao estresse hídrico e ao alumínio. *Comunicata Scientiae* 5: 59-67.
- EL SABAGH A et al. 2019. Effects of drought stress on the quality of major oilseed crops: implications and possible mitigation strategies – a review. *Applied Ecology and Environmental Research* 17: 4019-4043.
- FARHANGI-ABRIZ S et al. 2018. Salicylic acid but not jasmonic acid improved canola root response to salinity stress. *Rhizosphere* 9: 69-71.
- FURTADO BN et al. 2020. A importância do ácido salicílico na mitigação do déficit hídrico em plantas de cafeeiro. *Agri-Environmental Sciences* 6: 1-12.
- GOMES CA et al. 2018. Aplicação de ácido salicílico como atenuador dos efeitos de déficit hídrico no milho. *The Journal Of Engineering And Exact Sciences* 4: 359-363.
- KERBAUY GB. 2019. Fisiologia vegetal. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 420 p.
- KLESSIG DF et al. 2016. Multiple Targets of Salicylic Acid and Its Derivatives in Plants and Animals. *Frontiers In Immunology* 7: 1-10.
- LA VH et al. 2019a. Characterization of salicylic acid-mediated modulation of the drought stress responses: reactive oxygen species, proline, and redox state in *Brassica napus*. *Environmental And Experimental Botany* 157: 1-10.
- LA VH et al. 2019b. Antagonistic shifting from abscisic acid- to salicylic acid-mediated sucrose accumulation contributes to drought tolerance in *Brassica napus*. *Environmental And Experimental Botany* 162: 38-47.
- LOPES MFQ et al. 2019. Crescimento de *Erythrina velutina* willd. submetida a estresse salino e aplicação de ácido salicílico. *Colloquium Agrariae* 15: 31-38.
- MO KOO Y et al. 2020. Salicylic Acid as a Safe Plant Protector and Growth Regulator. *Plant Pathology Journal* 36: 1-10.
- NAZAR R. et al. 2015. Exogenous salicylic acid improves photosynthesis and growth through increase in ascorbate-glutathione metabolism and S assimilation in mustard under salt stress. *Plant Signaling & Behavior* 10: 1-10.
- NOVÁKOVÁ M et al. 2014. Plant hormones in defense response of *Brassica napus* to *Sclerotinia sclerotiorum* – Reassessing the role of salicylic acid in the interaction with a necrotroph. *Plant Physiology And Biochemistry* 80: 308-317.
- PEREIRA AC et al. 2019. Aspectos produtivos e eficiência no uso da água em cultivares de canola irrigada. *Cultura Agrônômica: Revista de Ciências Agrônômicas* 28: 166-178.
- PRIMAK TK & LIMA CSM. 2017. Ácido salicílico nas características agrônômicas e físico-químicas de couve folhas. *Revista Científica Eletrônica de Agronomia* 1: 1-14.
- RODRIGUES JD & FIOREZE SL. 2015. Reguladores são, para muitos cultivos, indispensáveis ao alcance de bons níveis. *Visão Agrícola* 13: 35-39.
- SANTOS CC et al. 2022. Salicylic acid alleviates the water stress on photochemical apparatus and quality of *Schinus terebinthifolia* seedlings. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 26: 747-752.
- SANTOS HG et al. 2018. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 5.ed. Brasília: Embrapa. 365 p.
- SANTOS JC et al. 2020. Ácido salicílico como mitigador dos efeitos do estresse hídrico no potencial fisiológico e crescimento inicial em *Vigna unguiculata* (L.) Walp. In: Coletânea a Conferência da Terra: línguas, ritos e protagonismos nos territórios indígenas: planejamento ambiental, recursos hídricos e patrimônio cultural. Tomo III. Boa Vista: UFPR. p.139.
- SANTOS MRR et al. 2019. Indução de tolerância ao estresse salino em cana-de-açúcar mediante *priming* com ácido salicílico. *Agrarian Academy* 6: 186-196.
- SBCPD. 1995. Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas. Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas. Londrina: SBCPD. 42p.
- SBCS. 2016. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. Viçosa: Comissão de Química e Fertilidade do Solo. 376 p.
- SELEIMAN MF et al. 2021. Drought stress impacts on plants and different approaches to alleviate its adverse effects. *Plants* 10: 259.
- SILVA AAR da et al. 2020. Salicylic acid as an attenuator of salt stress in soursop. *Revista Caatinga* 33: 1092-1101.
- TAIZ L et al. 2017. Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal. 6.ed. Porto Alegre: Artmed. 888 p.
- VAN BUTSELAAR T & VAN DEN ACKERVEKEN G. 2020. Salicylic Acid Steers the Growth–Immunity Tradeoff. *Trends in Plant Science* 25: 566-576.
- ZAID A et al. 2019. Salicylic acid enhances nickel stress tolerance by up-regulating antioxidant defense and glyoxalase systems in mustard plants. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 180: 575-587.