



JOANDERSON MARQUES SILVA

**ÁCIDO SALICÍLICO COMO MITIGADOR DO ESTRESSE
POR DÉFICIT HÍDRICO EM MUDAS DE MELANCIEIRA**

TERESINA-PI

2019

JOANDERSON MARQUES SILVA

**ÁCIDO SALICÍLICO COMO MITIGADOR DO ESTRESSE POR DÉFICIT HÍDRICO EM
MUDAS DE MELANCIEIRA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Piauí, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Agricultura Tropical, para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Orientador

Prof. Dr. Gabriel Barbosa da Silva Júnior

Coorientadora

Prof. Dra. Aurenívia Bonifácio de Lima

TERESINA-PI

2019

FICHA CATALOGRÁFICA
Universidade Federal do Piauí
Biblioteca Comunitária Jornalista Carlos Castello Branco
Serviço de Processos Técnicos

S586a Silva, Joanderson Marques.
Ácido salicílico como mitigador do estresse por déficit hídrico em mudas de melancia / Joanderson Marques Silva. -- 2019.
56 f.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Piauí, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Agricultura Tropical, Teresina, 2019.

“Orientador: Prof. Dr. Gabriel Barbosa da Silva Júnior.”

“Coorientadora Prof. Dra. Aurenívia Bonifácio de Lima.”

1. Cucurbitaceae. 2. Melancia. 3. Estresse abiótico. 4. Regulador vegetal. 5. Mitigação. I. Silva Júnior, Gabriel Barbosa da. II. Lima, Aurenívia Bonifácio de. III. Título.

CDD 583.63


JOANDERSON MARQUES SILVA

**ÁCIDO SALICÍLICO COMO MITIGADOR DO ESTRESSE POR DÉFICIT
HÍDRICO EM MUDAS DE MELANCIEIRA**

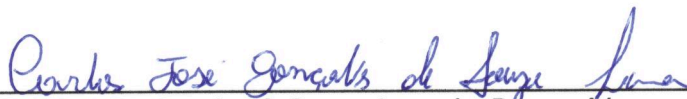
Dissertação apresentada à Universidade Federal do Piauí, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia-Agricultura Tropical, para obtenção do título de Mestre em Ciências.

APROVADO em 22 de julho de 2019.

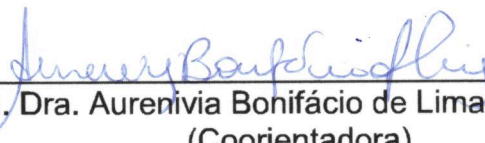
Comissão Julgadora:



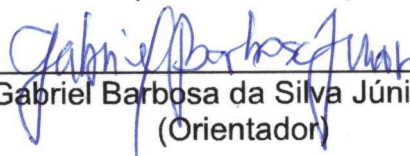
Prof. Dr. Luiz Cláudio Nascimento dos Santos – FACENE-PB



Prof. Dr. Carlos José Gonçalves de Souza Lima – CCA/UFPI



Profa. Dra. Aurenívia Bonifácio de Lima – CCN/UFPI
(Coorientadora)



Prof. Dr. Gabriel Barbosa da Silva Júnior – CCA/UFPI
(Orientador)

TERESINA-PI

2019

Aos meus pais, Aurinete Marques e João Luís Vaz e a minha irmã, Alessandra Marques, com todo o meu amor e gratidão por todo apoio, incentivo, compreensão, ensinamentos e orações.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Ao DEUS triúno, pelo dom da vida, amor, misericórdia, saúde, sabedoria e discernimento, ao longo desses anos. Por ter permitido chegar até onde cheguei e aberto todas as portas por onde passei, sem me deixar esquecer que “Os que confiam no Senhor são como o monte Sião, que não se abala, firme para sempre (Sl 125:1)”.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa durante todo o período de realização do curso de mestrado.

À Universidade Federal do Piauí (UFPI) e ao Programa de Pós-graduação em Agronomia – Agricultura Tropical, em especial aos professores do programa pela paciência e partilha de conhecimentos que levarei para a vida toda.

Aos meus queridos e amados pais, Aurinete Alves Marques Silva e João Luís Vaz da Silva por todo amor, carinho, incentivo, ensinamentos e orações, aos quais sou grato pela pessoa que sou hoje. Por não terem medido esforços para que eu pudesse realizar meus sonhos, mesmo diante das dificuldades.

A todos os meus familiares que sempre torceram por mim, pelas orações e também por todo apoio.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Gabriel Barbosa da Silva Júnior, pela excelente orientação, apoio, ensinamentos, paciência, oportunidades e incentivo ao longo deste curso.

A minha coorientadora, Profa. Dra. Aurenívia Bonifácio, pela orientação, pelos conhecimentos repassados e pela importante ajuda nas análises bioquímicas.

Aos membros e ex-membros do Grupo de Estudos em Fruticultura da UFPI (FRUTAGRO), especialmente, Rafael Silva, Tássyla Sousa, Luis Carlos Farias, Geovanna Leite, Nilzamara Nascimento, Felipe Tote, Sâmia Matos, Cibelle Rodrigues, Rebecca Karolline e Pablianne Horrana por toda ajuda necessária para condução do experimento.

Ao coordenador do Programa de Melhoramento Genético da Cana-de-Açúcar (PMGCA) da UFPI, Prof. Dr. Francisco de Alcântara Neto, pela disponibilidade dos laboratórios para realização das análises e a Adriana Conceição e Leudimar Aires por toda ajuda.

Por fim, a todos que direta ou indiretamente contribuíram para minha caminhada durante a realização do mestrado e para o êxito do presente trabalho.

Meus sinceros agradecimentos!

“Porque dele, e por meio dele, e para ele são todas as cousas. A ele, pois, a glória eternamente. Amém.”

Romanos 11:36

RESUMO

O ácido salicílico é um hormônio vegetal que tem sido evidenciado como atenuador dos efeitos adversos de diferentes tipos de estresses abióticos em plantas, incluindo o estresse hídrico, o qual afeta negativamente o crescimento e o desenvolvimento das espécies vegetais. Nesse sentido, objetivou-se avaliar os efeitos da aplicação exógena de ácido salicílico nas variáveis morfofisiológicas e bioquímicas de mudas de melanciaira (cv. Crimson Sweet) submetidas ao déficit hídrico. O experimento foi conduzido em ambiente protegido na área experimental do Departamento de Fitotecnia (CCA/UFPI). Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial 3 x 5, sendo três disponibilidades hídricas (100, 75 e 50% do nível máximo de retenção de água do substrato - NRA) e cinco concentrações de ácido salicílico (0,0; 0,25; 0,50; 0,75 e 1,0 $\mu\text{mol L}^{-1}$). Foram utilizadas quatro repetições, sendo a parcela experimental constituída por quatro plantas, totalizando 240 mudas. Aos 25 dias após a semeadura, as mudas foram avaliadas quanto ao índice de clorofila foliar, altura, diâmetro do caule, número de folhas, área foliar, volume de raiz, massa seca da parte aérea, massa seca das raízes, conteúdo relativo de água e vazamentos de eletrólitos. Determinou-se ainda a concentração de proteína solúvel, aminoácidos solúveis totais, prolina livre, carboidratos solúveis totais, sacarose e amido. Verificou-se que todas as variáveis foram influenciadas pelas concentrações de ácido salicílico e os diferentes níveis de retenção de água do substrato, havendo interação significativa entre os fatores estudados para a maioria das variáveis. As respostas morfofisiológicas de plantas de melanciaira submetidas a aplicação exógena de ácido salicílico e ao estresse por déficit hídrico, são variáveis em função da concentração utilizada e do nível de estresse imposto. O ácido salicílico promove melhorias no crescimento e desenvolvimento das plantas de melanciaira. Destaca-se a aplicação exógena foliar de ácido salicílico na concentração de 1,0 $\mu\text{mol L}^{-1}$ quando as plantas são cultivadas com 100% e 75% do NRA. Já nas plantas cultivadas com 50% do NRA, recomenda-se a concentração de 0,75 $\mu\text{mol L}^{-1}$. O ácido salicílico promove incremento ainda na concentração de solutos orgânicos nas folhas das mudas de melanciaira favorecendo o metabolismo vegetal em condições de restrição hídrica e, portanto, melhorando a tolerância ao déficit hídrico.

Palavras-chave: Cucurbitaceae, estresse abiótico, regulador vegetal, mitigação.

ABSTRACT

Salicylic acid is a plant hormone that has been shown to attenuate the adverse effects of different types of abiotic stresses on plants, including water stress, which negatively affect the growth and development of plant species. In this sense, the objective of this study was to evaluate the effects of exogenous application of salicylic acid on morphophysiological and biochemical variables of seedlings of watermelon (cv. Crimson Sweet) submitted to water deficit. The experiment was conducted in a protected environment in the experimental area of the Department of Phytotechnics (CCA/UFPI). There was used a completely randomized design in a 3 x 5 factorial arrangement, being three water availability (100, 75 and 50% of the maximum substrate water retention level - WRL) and five concentrations of salicylic acid (0.0, 0.25, 0.50, 0.75 and 1.0 $\mu\text{mol L}^{-1}$). Four replications were used and the experimental plot consisted of four plants totaling 240 seedlings. At 25 days after sowing, seedlings were evaluated for leaf chlorophyll index, height, stem diameter, number of leaves, leaf area, root volume, shoot dry mass, roots dry mass, relative water content and electrolyte leakage. The concentration of soluble protein, total soluble amino acids, free proline, total soluble carbohydrates, sucrose and starch were also determined. It was found that all variables were influenced by concentrations of salicylic acid and different substrate water retention levels, with significant interaction between the factors studied for most variables. The morphophysiological responses of watermelon plants submitted to exogenous application of salicylic acid and stress due to water deficit are variable depending on the concentration used and the stress level imposed. Salicylic acid promotes improvements in the growth and development of watermelon plants. We highlight the exogenous foliar application of salicylic acid at a concentration of 1.0 $\mu\text{mol L}^{-1}$ when plants are grown with 100% and 75% of WRL. In plants grown with 50% of WRL, the concentration of 0.75 $\mu\text{mol L}^{-1}$ is recommended. Salicylic acid also promotes an increase in the concentration of organic solutes in the leaves of watermelon seedlings, favoring plant metabolism under water restriction conditions and thus improving tolerance to water deficit.

Keywords: Cucurbitaceae, abiotic stress, plant regulator, mitigation.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** Mudanças de melanciaira submetidas a 100% do nível máximo de retenção de água do substrato (NRA) (A), 75% do NRA (B) e 50% do NRA (C) em combinação com diferentes concentrações de ácido salicílico (0,0; 0,25; 0,50; 0,75 e 1,0 $\mu\text{mol L}^{-1}$)..... 27
- Figura 2** Altura das plantas de melanciaira em função de diferentes níveis de retenção de água (100, 75 e 50% do NRA) e concentrações de ácido salicílico (A) e diâmetro do caule de plantas de melanciaira nos diferentes níveis de retenção de água. O asterisco (*) indica que os valores de R^2 são significativos pelo teste F ao nível de 5% ($P \leq 0,05$). Em B, médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$; DMS = 0,17). 28
- Figura 3** Número de folhas em função de diferentes níveis de retenção de água (100, 75 e 50% do NRA) (A) e concentrações de ácido salicílico (B). Em A, médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$; DMS = 0,17). Em B, o asterisco (*) indica que os valores de R^2 são significativos pelo teste F ao nível de 5% ($P \leq 0,05$)..... 29
- Figura 4** Área foliar de mudas de melanciaira em função de diferentes níveis de retenção de água (100, 75 e 50% do NRA) e concentrações de ácido salicílico. O asterisco (*) indica que os valores de R^2 são significativos pelo teste F ao nível de 5% ($P \leq 0,05$)..... 30
- Figura 5** Volume de raiz das plantas de melanciaira em função de diferentes níveis de retenção de água (100, 75 e 50% do NRA) (A) e concentrações de ácido salicílico (B). Em A, médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$; DMS = 0,23). Em B, o asterisco (*) indica que os valores de R^2 são significativos pelo teste F ao nível de 5% ($P \leq 0,05$)..... 31
- Figura 6** Índice de clorofila foliar de mudas de melanciaira em função de diferentes níveis de retenção de água (100, 75 e 50% do NRA) e concentrações de ácido salicílico. O asterisco (*) indica que os valores de R^2 são significativos pelo teste F ao nível de 5% ($P \leq 0,05$)..... 31
- Figura 7** Conteúdo relativo de água de mudas de melanciaira em função de diferentes níveis de retenção de água (100, 75 e 50% do NRA) e concentrações de ácido salicílico. O asterisco (*) indica que os valores de R^2 são significativos pelo teste F ao nível de 5% ($P \leq 0,05$). 33
- Figura 8** Vazamento de eletrólitos de mudas de melanciaira em função de diferentes níveis de retenção de água (100, 75 e 50% do NRA) e concentrações de ácido salicílico. O asterisco (*) indica que os valores de R^2 são significativos pelo teste F ao nível de 5% ($P \leq 0,05$). 34
- Figura 9** Matéria seca da parte aérea de mudas de melanciaira em função de diferentes níveis de retenção de água (100, 75 e 50% do NRA) e concentrações de ácido salicílico. O asterisco (*) indica que os valores de R^2 são significativos pelo teste F ao nível de 5% ($P \leq 0,05$). 35
- Figura 10** Matéria seca da raiz de plantas de melanciaira em função de diferentes níveis de retenção de água (100, 75 e 50% do NRA) e concentrações de ácido salicílico. Em A, médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$; DMS = 0,006). O asterisco (*) indica que os valores de R^2 são significativos pelo teste F ao nível de 5% ($P \leq 0,05$). 37
- Figura 11** Concentração de proteína solúvel em plantas de melanciaira em função de diferentes níveis de retenção de água (50, 75 e 100% do NRA) e concentrações de ácido salicílico. Médias seguidas por letras minúsculas iguais para cada concentração de ácido salicílico não diferem entre si (DMS = 0,66), enquanto que as médias seguidas por letras maiúsculas iguais dentro da mesma disponibilidade hídrica não diferem entre si (DMS = 0,78). As médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$). 38
- Figura 12** Concentração de aminoácidos solúveis totais em plantas de melanciaira em função de diferentes níveis de retenção de água (50, 75 e 100% do NRA) e concentrações de ácido salicílico. Médias seguidas por letras minúsculas iguais para cada concentração de ácido salicílico não diferem entre si (DMS = 1,53), enquanto que as médias seguidas por letras

maiúsculas iguais dentro da mesma disponibilidade hídrica não diferem entre si (DMS = 1,80). As médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$). 39

Figura 13 Concentração de prolina livre em plantas de melanciaira em função de diferentes níveis de retenção de água (50, 75 e 100% do NRA) e concentrações de ácido salicílico. Médias seguidas por letras minúsculas iguais para cada concentração de ácido salicílico não diferem entre si (DMS = 0,018), enquanto que as médias seguidas por letras maiúsculas iguais dentro da mesma disponibilidade hídrica não diferem entre si (DMS = 0,021). As médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$). 40

Figura 14 Concentração de carboidratos solúveis totais em plantas de melanciaira em função de diferentes níveis de retenção de água (50, 75 e 100% do NRA) e concentrações de ácido salicílico. Médias seguidas por letras minúsculas iguais para cada concentração de ácido salicílico não diferem entre si (DMS = 0,61), enquanto que as médias seguidas por letras maiúsculas iguais dentro da mesma disponibilidade hídrica não diferem entre si (DMS = 0,73). As médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$). 42

Figura 15 Concentrações de sacarose (A) e amido (B) em plantas de melanciaira em função de diferentes níveis de retenção de água (50, 75 e 100% do NRA) e concentrações de ácido salicílico. Médias seguidas por letras minúsculas iguais para cada concentração de ácido salicílico não diferem entre si, em A (DMS = 82,66), em B (DMS = 17,16), enquanto que as médias seguidas por letras maiúsculas iguais dentro da mesma disponibilidade hídrica não diferem entre si, em A (DMS = 97,63), em B (DMS = 20,27). As médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$). 43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Análise de variância dos parâmetros morfofisiológicos de mudas de melancia em função de diferentes níveis de retenção de água (NRA) e concentrações de ácido salicílico (AS).	26
Tabela 2 Análise de variância da concentração de solutos orgânicos quantificados em folhas de melancia tratadas com diferentes concentrações de ácido salicílico (AS) e submetidas a diferentes níveis de retenção de água (NRA).....	37

SUMÁRIO

RESUMO.....	vii
ABSTRACT.....	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABELAS.....	xi
1 INTRODUÇÃO	13
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	15
2.1 Aspectos botânicos e socioeconômicos da melanciaira.....	15
2.2 Produção de mudas em ambiente protegido.....	16
2.3 Efeitos do estresse hídrico em plantas.....	18
2.4 Ácido salicílico como atenuador de estresse abiótico em plantas.....	19
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	22
3.1 Localização e caracterização da área experimental.....	22
3.2 Material vegetal e condições de crescimento das mudas	22
3.3 Variáveis analisadas.....	23
3.4 Delineamento experimental e análise estatística	25
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
4.1 Variáveis morfofisiológicas.....	26
4.2 Variáveis bioquímicas	37
5 CONCLUSÕES	45
REFERÊNCIAS.....	46
APÊNDICES.....	55

1 INTRODUÇÃO

A melancia (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum & Nakai) é uma cucurbitácea com expressivo potencial econômico, cultivada e comercializada mundialmente. No Brasil, o cultivo de melancia é amplamente difundido, especialmente na região Nordeste, a qual é a principal região produtora da cultura (OLIVEIRA et al., 2015; IBGE, 2017). De modo geral, o cultivo da melancia se dá por semeadura direta com a utilização de três sementes por cova em média, e posterior desbaste. Entretanto, com os avanços do melhoramento genético e o lançamento no mercado de híbridos cujas sementes normalmente apresentam preços elevados, a produção de mudas e/ou o cultivo em ambiente protegido surge como uma alternativa viável para diminuir os custos de produção, uma vez que emprega menor número de sementes e facilita os tratamentos culturais (SILVA-MATOS et al., 2017).

Considerando o crescimento e o desenvolvimento das espécies vegetais, esses podem ser influenciados por condições ambientais desfavoráveis, como o déficit hídrico, um dos estresses abióticos que mais limita o rendimento e a qualidade da produção (TALBI et al., 2015). A cultura da melancia tem pouca tolerância a esse tipo de estresse, especialmente durante o desenvolvimento de frutos, sendo a disponibilidade hídrica bastante necessária para a obtenção de altos rendimentos (ÖZMEN et al., 2015). A redução da disponibilidade de água à cultura induz distúrbios fisiológicos como o baixo potencial hídrico, desidratação celular, fechamento estomático, inibição da fotossíntese, abscisão foliar e morte celular, dependendo dos níveis do estresse (TAIZ et al., 2017). Nesse sentido, à medida que os recursos hídricos se tornam cada vez mais escassos, estudos envolvendo o déficit hídrico e a tolerância das culturas a este tipo de estresse, figuram como prioridade para a manutenção da produção agrícola.

Diversos estudos destacam o potencial dos reguladores vegetais na indução de mecanismos de defesa das plantas contra os estresses abióticos (VERMA; RAVINDRAN; KUMAR, 2016). Dentre os diferentes tipos de reguladores, evidencia-se o ácido salicílico, hormônio vegetal de natureza fenólica ativamente envolvido em vários processos bioquímicos e fisiológicos das plantas, incluindo a germinação, fotossíntese, respiração, crescimento e senescência. Esse regulador tem sido relatado como atenuador dos efeitos adversos de diferentes tipos de estresses abióticos, com destaque para o estresse hídrico (DUTRA et al., 2017; DAMALAS,

2019), estresse salino (NAZAR; UMAR; KHAN, 2015), por metais pesados (ZHANG et al., 2015), altas temperaturas (WANG et al., 2017), dentre outros, sendo importante ressaltar efeitos benéficos desse regular até mesmo na ausência de estresses (POOT-POOT et al., 2018).

Sob condição de estresse hídrico, as plantas mantêm o equilíbrio osmótico por meio de mecanismos protetores bem desenvolvidos, como a osmorregulação, mediada por osmólitos como a prolina, açúcares solúveis, aminas, entre outros. Entretanto, a produção desses compostos nem sempre é suficiente para atenuar os efeitos deletérios em situação de estresse. O ácido salicílico atua promovendo o acúmulo destes osmólitos e, portanto, contribui para a manutenção do turgor celular, além de melhorar a atividade antioxidante nas plantas estressadas (KHAN et al., 2015; MAGHSOUDI et al., 2019). Todavia, as respostas fisiológicas em relação aos efeitos da aplicação exógena de ácido salicílico nas plantas são variáveis em função da espécie, havendo escassez de estudos com a cultura da melancia, do ambiente e da concentração. Baixas concentrações podem melhorar os mecanismos de defesa das plantas, porém concentrações elevadas de ácido salicílico podem causar morte celular ou suscetibilidade das plantas a estresses abióticos (KHAN et al., 2015).

Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho avaliar os efeitos da aplicação exógena de ácido salicílico nas variáveis morfofisiológicas e bioquímicas de mudas de melanciaira (cv. Crimson Sweet) submetidas ao déficit hídrico.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Aspectos botânicos e socioeconômicos da melancia

A melancia (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum & Nakai) é uma espécie originária das regiões tropicais da África Equatorial e pertencente à família Cucurbitaceae (OLIVEIRA et al., 2015). Classificada como uma hortaliça-fruto, destaca-se como uma das principais espécies olerícolas cultivadas no Brasil, principalmente na região Nordeste, a qual apresenta condições edafoclimáticas favoráveis a cultura, podendo ser cultivada o ano inteiro sob condições irrigadas (FILGUEIRA, 2008; COSTA et al., 2013). Caracteriza-se por ser uma planta herbácea de ciclo vegetativo anual, rasteira, com ramificações que podem atingir 3,0 m de comprimento e formação de gavinhas que têm a função de fixar a planta ao solo, sendo o sistema radicular da melancia extenso do tipo pivotante (FILGUEIRA, 2008; MAROUELLI; BRAGA; ANDRADE JUNIOR, 2012). A melancia apresenta entrenós longos e folhas distribuídas alternadamente nas hastes se distinguindo da maioria das outras cucurbitáceas pela forma de suas folhas, as quais possuem limbo recortado em três ou quatro lóbulos. Sendo que das axilas das folhas é que se desenvolvem as gavinhas, flores e frutos (PARIS; DAUNAY; JANICK, 2013).

Segundo Paris (2015), os frutos da melancia são carnosos do tipo baga, com formato muitas vezes esférico, podendo ser globular, oval ou oblongo. Sendo a casca da melancia dividida em duas camadas, o exocarpo, o qual é fino e brilhante, tipicamente listrado ou padronizado em dois tons de verde cujas cores podem variar de claras a escuras. E o mesocarpo, que corresponde a camada interna espessa da casca, a qual é úmida, de coloração branca e dura. Abaixo da casca está o endocarpo, ou seja, a polpa do fruto aguado, porção da fruta que é comestível.

A melancia é cultivada em todo mundo, sendo considerada cosmopolita. Apresenta expressiva importância com notórios benefícios tanto econômicos, quanto sociais. Em 2017, o Brasil foi o quarto produtor mundial de melancias, com uma produção de 2.314.700 t da fruta. A China ocupa posição de destaque, sendo o principal país produtor com uma produção de 79.486.961 t de frutos (FAO, 2019). No Brasil, a produção de melancia tem se mantido em patamares estáveis nas últimas safras. A maior região produtora de melancia é o Nordeste, somando uma produção de 663.458 t em 2017, com destaque para os estados da Bahia (239.177 t) e Rio

Grande do Norte (199.192 t). A região Sul é a segunda maior região produtora da fruta, na qual encontra-se o principal estado produtor do país, o Rio Grande do Sul com 346.310 t produzidas (IBGE, 2017).

Em termos de comercialização, em 2017 a melancia ocupou a quinta posição em relação as frutas mais comercializadas nas centrais de abastecimento, sendo comercializado um volume de 381.943,971 t, ficando atrás apenas da laranja, banana, mamão e maçã (KIST et al., 2018). Em relação a exportação, no ano de 2018 o país exportou 67.666,838 t de melancias para o exterior, gerando uma receita de US\$ 31,7 milhões (AGROSTAT, 2019). De um modo geral, os cultivos comerciais de melancia no Brasil são com cultivares de origem americana ou japonesa, que se adaptaram bem as condições edafoclimáticas do país. Todavia, é importante destacar que entre essas, a cultivar mais plantada é a Crimson Sweet e tipos semelhantes, sendo de origem americana, respondendo por grande parte do fornecimento ao mercado consumidor (DIAS et al., 2010).

Quando comparada a outras culturas, a melancia apresenta menor custo de produção, sendo de manejo relativamente fácil, embora seu cultivo seja uma atividade de alto risco, constituindo-se em uma importante cultura para o agronegócio brasileiro pela geração de renda, garantindo um bom retorno econômico para o produtor, e empregos, oriundos da demanda intensiva de mão-de-obra rural (OLIVEIRA et al., 2012). Pelo fato de ser consumida por pessoas de várias classes sociais e devido seu valor acessível, a melancia ganhou popularidade em nosso país. O consumo da fruta supre boa parte das necessidades diárias de água, açúcares, vitaminas e sais minerais. Acrescente-se ainda que frutos com polpa de coloração vermelha, são ricos em licopeno, um carotenoide que possui importante ação antioxidante, já os frutos de polpa amarela são ricos em carotenoides β -caroteno e xantofilas (FERRARI et al., 2013).

2.2 Produção de mudas em ambiente protegido

A produção de mudas de qualidade é essencial para um bom desempenho das plantas em campo, uma vez que quando bem formadas, as mudas darão origem a plantas com alto potencial produtivo. Essa produção de alta qualidade, possibilita maior taxa de sobrevivência e crescimento das mudas após o plantio, muitas vezes eliminando a necessidade de replantio e diminuindo a demanda por tratamentos culturais de

manutenção, o que acaba por reduzir os custos do processo produtivo. Uma muda considerada de boa qualidade deve apresentar-se vigorosa, com folhas de coloração e tamanho característicos da espécie, devendo ainda apresentar um bom estado nutricional (BRITO et al., 2018). As mudas podem ser produzidas tanto em sementeiras quanto em bandejas ou outros recipientes. Quando produzidas em sementeiras, as mudas são transplantadas com raiz nua. Já as mudas produzidas em bandejas ou outros recipientes, quando do transplante, apresentam o sistema radicular protegido por torrão. Esta última técnica possibilita um maior índice de sobrevivência das mudas em campo, rápida recuperação e retomada de desenvolvimento (FILGUEIRA, 2008).

Com o avanço do melhoramento genético, novos híbridos de hortaliças têm sido lançados no mercado, cujas sementes apresentam preço superior ao das cultivares de polinização aberta, a exemplo de algumas cucurbitáceas. Diante disso, os produtores têm optado pela produção de mudas em recipientes, onde utiliza-se de apenas uma semente por célula e, com o transplante, garante-se uma população uniforme de plantas, sem falhas. De forma contrária, na semeadura direta utiliza-se de duas ou três sementes por cova, para se tentar obter a mesma população de plantas, aumentando dessa forma os custos de produção (SALATA et al., 2011). Segundo Dias et al. (2010), vários são os métodos de produção de mudas que podem ser utilizados na cultura da melancia, todavia, quaisquer que sejam, devem ser com o sistema radicular da muda protegido por um substrato. Sendo o uso de recipientes um dos métodos mais recomendados na produção de mudas da cultura, devido a sensibilidade do sistema radicular da planta que não suporta danos em consequência da incapacidade de regeneração das raízes.

Inúmeros trabalhos têm relatado o cultivo de melancia em recipientes sob ambiente protegido, a exemplo do de Silva-Matos et al. (2017), avaliando o desenvolvimento inicial de mudas de melancia em função da aplicação de boro nas sementes, sendo o cultivo realizado em tubetes. Silva et al. (2015) estudando a qualidade de mudas de melancia (cv. Crimson Sweet), irrigadas com diferentes concentrações de água biosalina de piscicultura, utilizaram bandejas plásticas como recipientes para o cultivo. E Campagnol, Mello e Barbosa (2012) os quais avaliaram a influência de três alturas de condução e duas densidades de plantas sobre as características produtivas e qualitativas de melancia cultivada em ambiente protegido, para tanto utilizaram mudas produzidas em bandejas de poliestireno expandido.

2.3 Efeitos do estresse hídrico em plantas

A maioria das plantas que crescem em seu ambiente natural está sujeita a uma série de estresses tanto abióticos quanto bióticos, que afetam seu crescimento e desenvolvimento (YU; LI, 2014). O estresse em plantas pode ser definido como qualquer condição ambiental desvantajosa, que impede a planta de alcançar seu potencial genético pleno. O déficit hídrico, representa uma disponibilidade hídrica insuficiente às plantas, que afeta os crescimentos vegetativo e reprodutivo, ocorrendo desidratação celular e por consequência, um estresse (TAIZ et al., 2017).

Considerando os recursos necessários para o crescimento e funcionamento das plantas, a água é o mais abundante e frequentemente o mais limitante da produtividade agrícola (TAIZ et al., 2017), sendo o déficit hídrico um estresse frequente que reduz a produção de biomassa vegetal e o rendimento das culturas. Em resposta a esse estresse, as plantas promovem o fechamento estomático mediado pelo acúmulo de ácido abscísico, sendo essa uma resposta primária ao estresse, reduzindo dessa forma as trocas gasosas e a taxa fotossintética, devido a redução do potencial hídrico e turgor celular (RIVERO; SHULAEV; BLUMWALD, 2009; LUBOVSKÁ et al., 2014).

Muitas pesquisas têm mostrado redução na taxa fotossintética líquida e na condutância estomática de plantas submetidas ao estresse hídrico. Yi et al. (2016) estudando as respostas das trocas gasosas, da fluorescência da clorofila e do sistema antioxidante das folhas de algodão durante o déficit hídrico, observaram uma redução na taxa fotossintética, sendo esta acompanhada da limitação estomática. Mathobo, Marais e Steyn (2017) avaliando o efeito do estresse hídrico no crescimento, rendimento, troca gasosas de folhas e parâmetros de fluorescência da clorofila no feijoeiro, constataram que os efeitos do estresse hídrico na taxa fotossintética foram altamente significativos e que em todos os níveis de estresse houve redução na produção de matéria seca, índice de área foliar, número de sementes por planta, número de vagens por planta, tamanho da semente e no rendimento de grãos.

Para manterem a pressão de turgescência e o teor de água das células, as plantas sob estresse hídrico aumentam a concentração osmótica das suas células através da absorção de solutos da solução do solo ou pelo aumento da síntese de solutos compatíveis e, conseqüentemente, ocorre aumento da pressão osmótica celular que desencadeia a absorção de água do solo (SALEHI-LISAR;

BAKSHAYESHAN-AGDAM, 2016; FANG; XIONG, 2015). A maioria desses osmólitos compatíveis são solutos orgânicos, tais como açúcares, prolina, polióis e compostos quaternários de amônio, como a glicina betaína, enquanto alguns são íons essenciais, tais como o potássio (K^+), a fim de manter o potencial hídrico intracelular (SALEHI-LISAR; BAKSHAYESHAN-AGDAM, 2016).

O acúmulo desses solutos no vacúolo e no citosol das células, resulta em alterações na pressão osmótica celular, de forma a garantir a continuidade dos processos fisiológicos das plantas, ainda que de forma mais lenta (MARIJUAN; BOSCH, 2013). Além de contribuir para a manutenção do equilíbrio hídrico, o acúmulo de solutos orgânicos garante ainda a preservação da integridade de proteínas, enzimas e membranas celulares, tendo função osmoprotetora contra subprodutos tóxicos do metabolismo resultantes do estresse hídrico (ASHRAF et al., 2011).

Em resposta ao estresse hídrico, por exemplo, o acúmulo desses solutos tem sido relatado em diversos trabalhos, como o de Signorelli et al. (2013) estudando a leguminosa *Lotus japonicus* exposta ao estresse hídrico, onde observaram um maior acúmulo de prolina nas raízes e folhas das plantas quando comparadas com aquelas sem estresse. Em estudo com *Pitcairnia encholirioides*, uma espécie de bromélia, sob déficit hídrico em condições *ex vitro*, Resende et al. (2018) também constataram um aumento no teor de prolina, carboidratos e sacarose nas plantas sob estresse.

2.4 Ácido salicílico como atenuador de estresse abiótico em plantas

Os hormônios vegetais podem ser definidos como mensageiros químicos, produzidos em uma célula, que modulam os processos celulares em outra célula, interagindo com determinadas proteínas que atuam como receptores ligados a rotas de transdução de sinal. A maioria desses hormônios, em baixas concentrações, são capazes de ativar respostas em células-alvo, sendo o desenvolvimento vegetal regulado por nove hormônios principais: auxinas, giberelinas, citocininas, etileno, ácido abscísico, brassinosteroides, jasmonatos, estrigolactonas e ácido salicílico (TAIZ et al., 2017).

O ácido salicílico pertence ao grupo dos compostos fenólicos, sendo constituído por sete carbonos e sintetizado endogenamente nas plantas através de duas vias enzimáticas distintas, sendo a principal dependente da fenilalanina e a outra do isocorismato, ambos oriundos do ácido chiquímico (KHAN et al., 2015). O ácido

salicílico é considerado uma molécula muito promissora, pois além de regular muitos aspectos do crescimento e do desenvolvimento vegetal, representa um novo meio de induzir a tolerância em culturas de importância socioeconômica contra estresses bióticos e abióticos (KANG; LI; GUO, 2014).

De acordo com Pál et al. (2014), o mecanismo exato do modo de ação do ácido salicílico ainda é pouco compreendido, principalmente porque pode diferir de espécie para espécie, e também por depender dos fatores ambientais. Ademais, a eficiência desse regulador, depende ainda da concentração utilizada, da forma de aplicação, bem como do estágio de desenvolvimento das plantas (MIURA; TADA, 2014). De modo geral, baixas concentrações de ácido salicílico podem melhorar os mecanismos de defesa das plantas, no entanto altas concentrações podem causar morte celular ou suscetibilidade das plantas a estresses abióticos (KHAN et al., 2015).

A aplicação exógena de ácido salicílico tem sido estudada por diversos autores com a finalidade de se avaliar o papel desse, na resposta das plantas a vários estresses. Estudando a influência da aplicação do ácido salicílico no crescimento e nos processos fisiológicos de duas cultivares de melão sob estresse de cádmio, Zhang et al. (2015) observaram que a aplicação exógena desse regulador pode mitigar os efeitos adversos do cádmio sobre o crescimento e a fotossíntese de ambas as cultivares de melão, principalmente através da promoção da capacidade de defesa antioxidante.

Em estudos sobre o ácido salicílico na germinação de sementes de milho e em alguns processos fisiológicos e bioquímicos em plantas de milho em cultivo hidropônico sob estresse com cobre (Cu), Moravcová et al. (2018) constataram aumento do conteúdo de carotenoides nas plantas estressadas e tratadas com ácido salicílico, assim também como um menor acúmulo de íons Cu nas raízes de milho.

Avaliando a influência do pré-tratamento com ácido salicílico (0, 500, 1000 e 1500 μM) na germinação, vigor e parâmetros de crescimento de plântulas de agrião submetidas a estresse salino, Habibi e Abdoli (2013) verificaram aumento da porcentagem de germinação com o uso da concentração de 500 μM . Estudando a aplicação exógena do ácido salicílico em plantas de mostarda (*Brassica juncea* L.) submetidas a estresse por NaCl, Nazar, Umar e Khan (2015) observaram que o uso da concentração de 0,5 mM mitigou os efeitos negativos do estresse salino e melhorou a fotossíntese e o crescimento das plantas. Estudando o efeito do ácido salicílico sobre vias alternativas em mudas de pepino (*Cucumis sativus* L.) sob estresse de

baixa temperatura, Lei et al. (2010), observaram que a aplicação exógena desse regulador pode aliviar a lesão causada pela baixa temperatura nas mudas dessa hortaliça. Objetivando avaliar o efeito do ácido salicílico na redução dos sintomas de doença causada pelo fitoplasma e respostas fisiológicas na cultura da batata (*Solanum tuberosum* L.), Sánchez-Rojo et al. (2011) constataram que a menor concentração de ácido salicílico (0,001 mM) utilizada, reduziu significativamente os sintomas da doença, aumentou a produção de tubérculos e a translocação de fotossintatos com repercussões no aumento do tamanho do tubérculo. Esses resultados indicam o efeito do ácido salicílico como atenuador até mesmo em plantas sob estresse biótico.

Avaliando o ácido salicílico como atenuador de estresse hídrico na germinação e no desenvolvimento inicial de gergelim, Silva et al. (2017) observaram que o ácido salicílico a 10^{-5} M induziu tolerância ao estresse hídrico na cultura. Estudando a aplicação de ácido salicílico durante a embebição de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) a serem submetidas ao estresse hídrico, Agostini, Machado-Neto e Custódio (2013) constataram que o ácido salicílico incrementou o comprimento e peso total seco de raiz e total de plântula, especialmente em níveis de estresse intermediários.

Objetivando avaliar a atividade antioxidante de plântulas de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) em função do déficit hídrico e aplicação exógena de ácido salicílico, Dutra et al. (2017) concluíram que a utilização de ácido salicílico (10^{-5} M) no tratamento de sementes, promove tolerância ao déficit hídrico durante a germinação de sementes e crescimento inicial de mudas de feijão-caupi.

Com base nessas informações, fica evidenciada a importância do ácido salicílico como mitigador dos efeitos do estresse abiótico, havendo dessa forma a necessidade de condução de estudos com outras culturas, como a melancia, uma vez que, como relatado, a eficiência desse hormônio vegetal é dependente de alguns fatores, como a espécie e o ambiente.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido em ambiente protegido, na área experimental do Departamento de Fitotecnia do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal do Piauí (UFPI), localizado no município de Teresina-PI (5° 02' 35,4" S e 42° 47' 05,4" W), durante o período de fevereiro a março de 2019. Durante o período experimental os dados de temperatura do ar e umidade relativa foram obtidos com o auxílio de um termohigrômetro digital (AK28 new, Akso), instalado no interior do ambiente, para a quantificação da exigência térmica diária das plantas, em graus-dia (OMETTO, 1981). No interior da estufa, os valores médios de temperatura do ar e umidade relativa do ar foram de 31,7 °C e 70,3%, com máximas de 40,5 °C e 99% e mínimas de 22,9 °C e 41,6% respectivamente. Totalizando a soma térmica de 618 graus-dia acumulados durante o cultivo, considerando a temperatura basal inferior de 7 °C (LUCAS et al., 2012).

3.2 Material vegetal e condições de crescimento das mudas

O estudo foi realizado com mudas de melancia cv. Crimson Sweet, escolhida por apresentar-se como uma das mais cultivadas e difundidas no mercado. As mudas foram cultivadas em bandejas do tipo tubete, compostas por 32 células com capacidade para 200 cm³, com 6 cm de diâmetro de abertura superior, 12 cm de altura e drenos na extremidade inferior. Em células alternadas, preenchidas com o substrato comercial Basaplant®, constituído à base de casca de pinus, turfa, carvão, vermiculita e enriquecido com nutrientes, foram semeadas duas sementes do cultivar e após as mudas apresentarem um par de folhas definitivas procedeu-se o desbaste, dez dias após a semeadura. O cultivo das mudas foi realizado sobre bancada de madeira a 70 cm do solo. Cada tratamento teve sua posição inicial definida aleatoriamente, com posteriores rodízios das posições das unidades experimentais sobre a bancada, a cada três dias, buscando-se minimizar possíveis diferenças nas condições do ambiente.

Para o manejo da irrigação, foi determinada a capacidade máxima de retenção de água do substrato pelo método gravimétrico (SOUZA et al., 2000). Posteriormente,

obteve-se os níveis hídricos através das equações 1, 2 e 3, adaptadas de Soares et al. (2012), para os níveis de 100, 75 e 50% de retenção de água do substrato:

$$PB\ 100\% = (PBNRA - PBseco) \cdot 1 + PBseco \quad (1)$$

$$PB\ 75\% = (PBNRA - PBseco) \cdot 0,75 + PBseco \quad (2)$$

$$PB\ 50\% = (PBNRA - PBseco) \cdot 0,50 + PBseco \quad (3)$$

Onde: PBN% = peso da bandeja para cada um dos tratamentos; PBNRA = peso da bandeja com substrato no nível máximo de retenção de água; PBseco = peso da bandeja preenchida com substrato seco.

Aos 13 dias após a semeadura, realizou-se a aplicação de ácido salicílico (0,0; 0,25; 0,50; 0,75 e 1,0 $\mu\text{mol L}^{-1}$) nas mudas. O produto, na formulação pó, foi pesado em balança analítica, diluído em 10 mL de etanol e posteriormente dissolvido em água destilada, preparando-se uma solução mestra de 1,0 mM. A partir da solução mestra preparou-se as soluções com as diferentes concentrações de ácido salicílico, sendo o mesmo reaplicado a cada três dias nas mudas, totalizando quatro aplicações. As pulverizações foram realizadas entre 16 e 17 h com o auxílio de um pulverizador manual ajustado para fornecer 0,5 mL de solução por pulverização, aplicando-se 2,0 mL por muda. Às soluções foi adicionado o espalhante adesivo não iônico Adesil® (0,1 mL L^{-1}).

Aos 14 dias após a semeadura, procedeu-se com a diferenciação dos níveis de retenção de água do substrato, onde as unidades experimentais foram pesadas diariamente com o objetivo de repor a água perdida por evapotranspiração e manter os níveis de 100, 75 e 50%. Até a diferenciação dos tratamentos, as mudas foram mantidas com o substrato em seu nível máximo de retenção de água. As irrigações foram realizadas diariamente, uma vez ao dia, no início da manhã, de forma manual com o auxílio de uma proveta graduada e pipeta.

3.3 Variáveis analisadas

Aos 25 dias após a semeadura, quando as mudas apresentavam a primeira gavinha, realizou-se a coleta. No momento da coleta, determinou-se o índice de clorofila com auxílio de um clorofilômetro portátil (ClorofiLOG®, CFL-1030, Falker), a altura das plantas (cm), mensurada da base da planta até a inserção da folha mais

jovem com o auxílio de uma trena graduada e o diâmetro do caule (mm), mensurado a 1,0 cm do coleto com o auxílio de um paquímetro digital. O número total de folhas, considerando folhas verdadeiras e expandidas, foi obtido por contagem visual, enquanto que a área foliar (cm^2) foi determinada com o auxílio de um analisador de área foliar (LI-3100, LI-COR).

Após a remoção do substrato das raízes, determinou-se o volume radicular (cm^3) pelo método da proveta volumétrica. A massa da matéria seca da parte aérea (g) e das raízes (g) foi determinada com o uso de balança analítica de precisão após secagem em estufa de circulação forçada de ar a $65 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$, até atingirem massa constante (aproximadamente 48 h).

O conteúdo relativo de água nas folhas (CRA) foi mensurado a partir de amostras compostas de discos foliares com 1,0 cm de diâmetro, retirados do centro do limbo foliar evitando-se as nervuras. Os discos foram pesados em balança analítica de precisão, para obtenção da massa fresca (MF). Posteriormente, imersos em água destilada e mantidos em geladeira por 24 h a $4 \text{ }^\circ\text{C}$ (no escuro). Após esse período, o excesso de umidade foi removido e os discos foram pesados para a determinação da massa túrgida (MT). Após a secagem em estufa a $65 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$, até atingirem massa constante, os discos foram pesados e obteve-se a massa seca (MS). O CRA foi calculado conforme metodologia de Klar (1984) e expresso em porcentagem (%).

Avaliou-se a estabilidade das membranas das células foliares, através do vazamento de eletrólitos. Discos foliares de 1,0 cm de diâmetro foram coletados, lavados e então transferidos para recipientes contendo água destilada e mantidos por 1 h a temperatura ambiente. Após esse período, mensurou-se a condutividade elétrica inicial (CE1) com o auxílio de um condutivímetro (con-500, Ion). Em seguida, as amostras foram levadas a banho-maria a $100 \text{ }^\circ\text{C}$ por 1 h, e então mensurou-se a condutividade elétrica final (CE2). O vazamento de eletrólitos (VE) foi calculado conforme metodologia de Dionisio-sese e Tobita (1998) e expresso em porcentagem (%).

Para determinação das variáveis bioquímicas, amostras de folhas do terço médio das plantas foram coletadas, congeladas e armazenadas em freezer a $-80 \text{ }^\circ\text{C}$ até o momento das análises. Determinou-se a concentração de proteína solúvel (BRADFORD, 1976), aminoácidos solúveis totais (YEMM; COCKING, 1955), prolina livre (BATES; WALDREN; TEARE, 1973), carboidratos solúveis totais (YEMM; WILLIS, 1954), sacarose (VAN HANDEL, 1968) e amido (DUBOIS et al., 1956).

3.4 Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC) em arranjo fatorial 3 x 5, sendo três disponibilidades hídricas (100, 75 e 50% do nível máximo de retenção de água do substrato) e cinco concentrações de ácido salicílico (0,0; 0,25; 0,50; 0,75 e 1,0 $\mu\text{mol L}^{-1}$) com quatro repetições, sendo a parcela experimental constituída por quatro plantas, totalizando 240 mudas.

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância (ANOVA) pelo teste “F” ao nível de 5% de probabilidade. Havendo diferença significativa entre os tratamentos, as médias do fator qualitativo foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para o fator quantitativo, aplicou-se a análise de regressão, optando-se pelo modelo significativo e com maior coeficiente de determinação. Todas as análises estatísticas foram realizadas com auxílio do programa Assistat versão 7.7 beta (SILVA, 2016) e os gráficos construídos com o uso do software SigmaPlot® 11.0.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Variáveis morfofisiológicas

De modo geral, verificou-se que todas as variáveis foram influenciadas pelas concentrações de ácido salicílico e pelos diferentes níveis de retenção de água do substrato (Tabela 1). Houve interação significativa entre os tratamentos aplicados para a altura de plantas, área foliar, índice de clorofila, conteúdo relativo de água, vazamento de eletrólitos e matéria seca da parte aérea, verificando-se efeito individual dos tratamentos no diâmetro do caule, número de folhas, volume de raiz e matéria seca da raiz (Tabela 1).

Tabela 1 Análise de variância dos parâmetros morfofisiológicos de mudas de melanciaira em função de diferentes níveis de retenção de água (NRA) e concentrações de ácido salicílico (AS).

Fontes de variação	Altura de plantas (cm)	Diâmetro do caule (mm)	Número de folhas	Área foliar (cm ²)	Volume de raiz (cm ³)
----- Teste F -----					
NRA	924,27**	25,97**	447,38**	1742,93**	10,78**
AS	6,93*	1,18 ^{ns}	1,68*	13,08*	2,06*
NRA X AS	2,22*	0,70 ^{ns}	1,19 ^{ns}	7,83**	2,12 ^{ns}
CV (%)	6,54	4,55	4,33	4,43	12,68
	Índice de clorofila	Conteúdo relativo de água (%)	Vazamento de eletrólitos (%)	Matéria seca da parte aérea (g planta ⁻¹)	Matéria seca da raiz (g planta ⁻¹)
----- Teste F -----					
NRA	387,80**	56,45**	19,74**	1459,81**	3,57*
AS	13,95*	0,46*	2,29*	7,50*	4,56*
NRA X AS	11,27**	2,77*	2,44*	6,65**	2,03 ^{ns}
CV (%)	3,89	6,97	10,82	4,15	6,46

* significativo ao nível de $P \leq 0,05$; ** significativo ao nível de $P \leq 0,01$; ns - não significativo; CV - coeficiente de variação.

Observou-se que as plantas expostas ao nível de retenção de água de 50% apresentaram menor altura em relação aos demais tratamentos (Figura 1 e 2A), demonstrando que reduções no suprimento hídrico afetam negativamente a expansão celular e, portanto, interferem no desenvolvimento da parte aérea, conforme

observado por Li et al. (2017). Todavia, a aplicação de ácido salicílico promoveu incremento na altura das plantas submetidas a 50%, 75% e 100% do nível máximo de retenção de água do substrato (NRA), observando-se os valores máximos de altura de plantas com a aplicação de 0,75, 0,25 e 0,50 $\mu\text{mol L}^{-1}$ de ácido salicílico, respectivamente (Figura 2A).

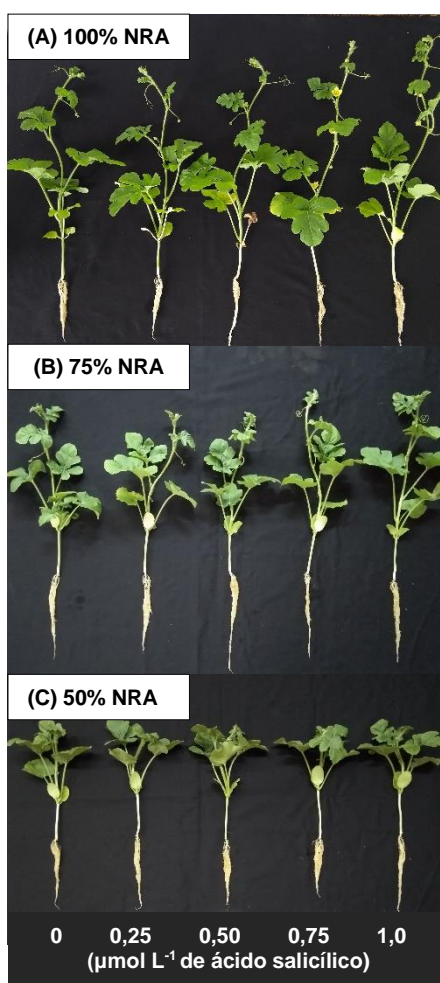


Figura 1 Mudanças de melanciaira submetidas a 100% do nível máximo de retenção de água do substrato (NRA) (A), 75% do NRA (B) e 50% do NRA (C) em combinação com diferentes concentrações de ácido salicílico (0,0; 0,25; 0,50; 0,75 e 1,0 $\mu\text{mol L}^{-1}$).

O fato da maior concentração utilizada (1,0 $\mu\text{mol L}^{-1}$) não ter promovido os maiores incrementos em altura sob condição de déficit hídrico pode ser justificado devido o ácido salicílico ser requerido em pequenas concentrações pelas plantas, sendo importante ressaltar ainda que além das quantidades aplicadas exogenamente, a planta também produz baixas concentrações desse indutor. Nesse sentido, essa concentração pode ter ocasionado algum estresse no desenvolvimento das plantas.

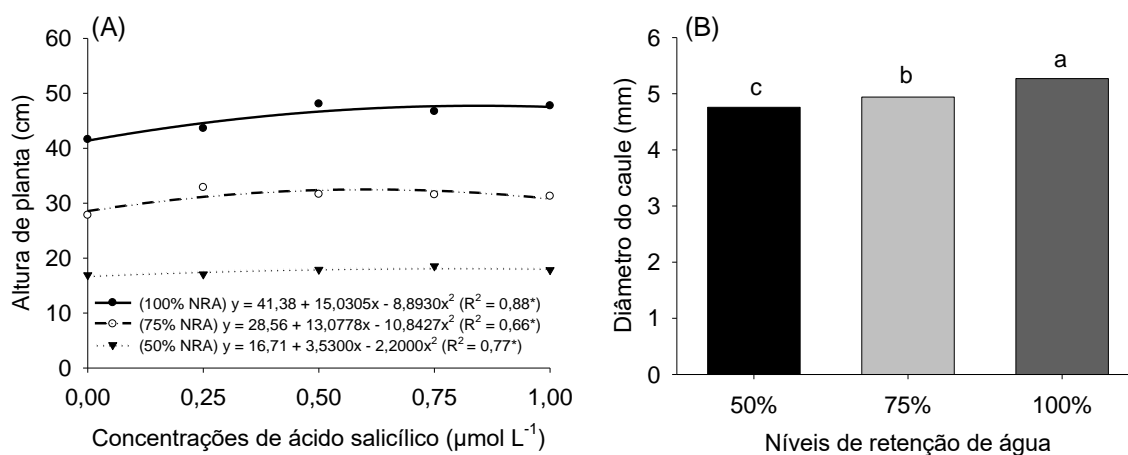


Figura 2 Altura das plantas de melanciaira em função de diferentes níveis de retenção de água (100, 75 e 50% do NRA) e concentrações de ácido salicílico (A) e diâmetro do caule de plantas de melanciaira nos diferentes níveis de retenção de água. O asterisco (*) indica que os valores de R^2 são significativos pelo teste F ao nível de 5% ($P \leq 0,05$). Em B, médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$; DMS = 0,17).

Embora o déficit hídrico tenha ocasionado redução no crescimento das plantas de melanciaira, a aplicação exógena de ácido salicílico estimulou o crescimento destas plantas, corroborando com os resultados de Damalas (2019) que também observou incremento na altura de plantas de manjeriço (*Ocimum basilicum*) submetidas ao déficit hídrico (40% da capacidade de campo) e suplementadas com 200 ppm de ácido salicílico em comparação com as plantas não tratadas. Mazzuchelli, Souza e Pacheco (2014) também observaram incremento na altura de mudas de eucalipto (híbrido *E. urophylla* x *E. grandis*) submetidas ao déficit hídrico, após a aplicação exógena de ácido salicílico (200 mg L^{-1}) em relação às plantas não tratadas.

A aplicação de ácido salicílico não influenciou o diâmetro do caule das mudas de melanciaira, apenas a disponibilidade hídrica (Tabela 1). O maior diâmetro de caule foi observado nas plantas sob condições ótimas de crescimento, ou seja, 100% do NRA, onde obteve-se média de 5,3 mm e o menor valor da variável (4,8 mm) observado em condições de estresse hídrico severo (50% do NRA) (Figura 2B). Wu et al. (2017) também relataram menor diâmetro do caule em plantas de laranja (*Poncirus trifoliata*) em condições de estresse hídrico, verificando que menores valores dessa variável estão associados a menores disponibilidades hídricas, uma vez que a água está diretamente ligada a expansão celular, dessa forma o déficit hídrico afeta o crescimento do caule de forma negativa. Dominghetti et al. (2016) também

observaram menor diâmetro do caule de mudas de cafeeiro a medida em que se reduzia a lâmina de água disponível as plantas.

As plantas de melanciaira apresentaram menor número de folhas com a diminuição da oferta de água (Figura 3A), não havendo interação significativa entre os fatores estudados. Em resposta a aplicação de ácido salicílico, houve incremento nesta variável com o uso das concentrações 0,25, 0,50 e 0,75 $\mu\text{mol L}^{-1}$, as quais proporcionaram as plantas valores similares de número de folhas (Figura 3B). Esses resultados corroboram com os obtidos por Chavoushi et al. (2019) com plantas de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) submetidas ao déficit hídrico (25% da capacidade de campo) e aplicação de 250 μM de ácido salicílico.

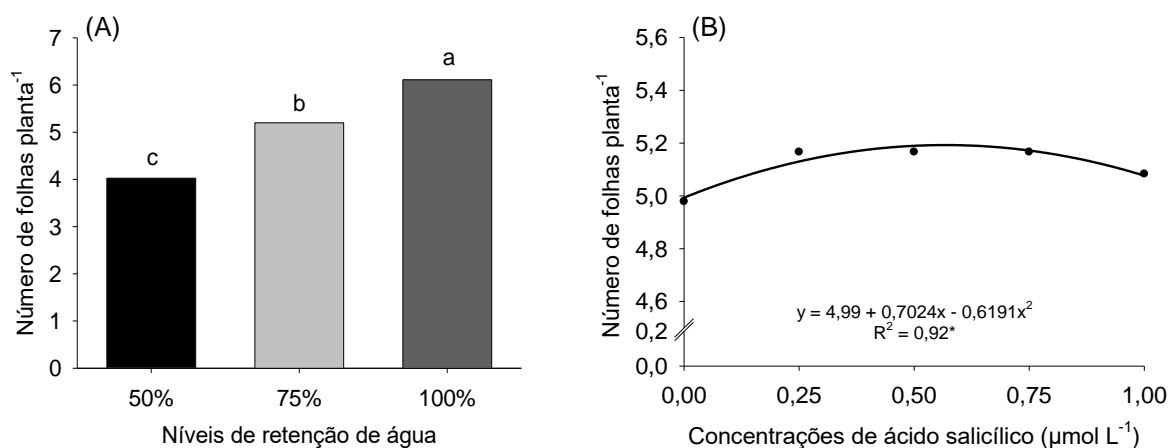


Figura 3 Número de folhas em função de diferentes níveis de retenção de água (100, 75 e 50% do NRA) (A) e concentrações de ácido salicílico (B). Em A, médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$; DMS = 0,17). Em B, o asterisco (*) indica que os valores de R^2 são significativos pelo teste F ao nível de 5% ($P \leq 0,05$).

Houve interação significativa entre a aplicação de ácido salicílico e as disponibilidades hídricas estudadas para a variável área foliar (Figura 4). Plantas expostas ao estresse hídrico com 50% do nível máximo de retenção de água do substrato (NRA), apresentaram maior área foliar (113,2 cm^2) quando tratadas com 0,75 $\mu\text{mol L}^{-1}$ de ácido salicílico. Em condição de estresse moderado (75% do NRA), houve incremento linear da variável em função do aumento das concentrações de ácido salicílico, onde a concentração de 1,0 $\mu\text{mol L}^{-1}$ promoveu incremento de 12% na área foliar das mudas. Sob condições adequadas de cultivo (100% do NRA) houve incremento de 14% nessa variável, nas plantas expostas a 1,0 $\mu\text{mol L}^{-1}$ de ácido salicílico (Figura 4).

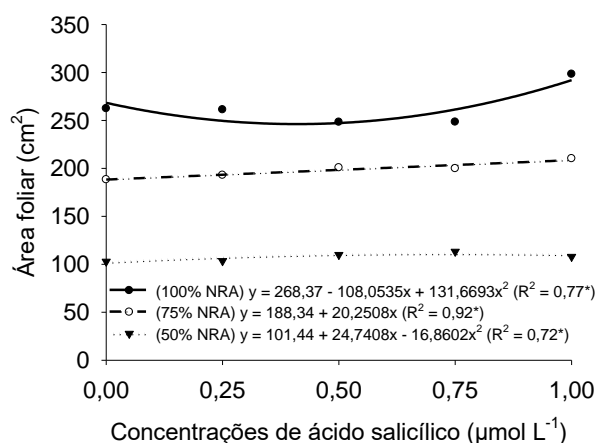


Figura 4 Área foliar de mudas de melancia em função de diferentes níveis de retenção de água (100, 75 e 50% do NRA) e concentrações de ácido salicílico. O asterisco (*) indica que os valores de R^2 são significativos pelo teste F ao nível de 5% ($P \leq 0,05$).

O ácido salicílico exógeno foi eficiente em atenuar os efeitos do estresse hídrico pelo incremento em área foliar das mudas, inclusive na ausência de estresse, atuando possivelmente na manutenção da pressão de turgor garantindo o alongamento celular. Esses resultados são almejaváveis, considerando que quanto menor a área foliar, menor a área fotossintética da muda, sendo fator limitante no desenvolvimento da planta pela redução na produção de fotoassimilados (LIMA et al., 2018).

Incremento na área foliar também foi observado por Ghaderi, Normohammadi e Javadi (2015) em estudo com duas cultivares de morango (*Fragaria xananassa*) submetidas ao estresse hídrico e expostas a aplicação de 1,0 mM de ácido salicílico. Do mesmo modo, Najafabadi e Ehsanzadeh (2017) verificaram efeito significativo da aplicação de ácido salicílico na área foliar de plantas de gergelim (*Sesamum indicum*) cultivadas sob estresse hídrico (60 e 80% de depleção na água disponível no solo). Esses resultados confirmam o ácido salicílico como mitigador do estresse por déficit hídrico em plantas.

Não houve interação significativa entre os fatores estudados para a variável volume de raiz. O volume radicular foi superior nas plantas cultivadas sob estresse hídrico moderado (75% do NRA) (Figura 5A). Em relação aos efeitos da aplicação de ácido salicílico independentemente dos níveis de retenção de água, o maior volume de raízes foi observado com o uso da maior concentração de ácido salicílico, 1,0 µmol L⁻¹. Essa concentração causou incremento de 9% no volume do sistema radicular das plantas de melancia em relação ao tratamento controle (Figura 5B), possivelmente,

devido o maior desenvolvimento de raízes laterais. Similarmente, plântulas de oliveira (cv. Zard) apresentaram incremento no volume radicular em resposta a aplicação foliar de 0,25 mM de ácido salicílico (ALINIAEIFARD; HAJILOU; TABATABAEI, 2016).

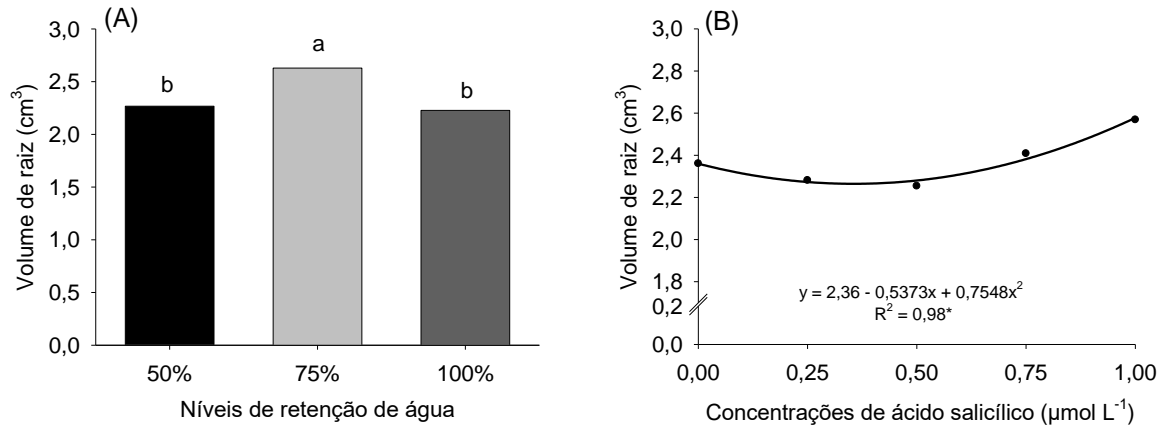


Figura 5 Volume de raiz das plantas de melancia em função de diferentes níveis de retenção de água (100, 75 e 50% do NRA) (A) e concentrações de ácido salicílico (B). Em A, médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$; DMS = 0,23). Em B, o asterisco (*) indica que os valores de R^2 são significativos pelo teste F ao nível de 5% ($P \leq 0,05$).

Sob estresse hídrico severo (50% do NRA) o maior índice de clorofila foliar (59,3) foi obtido mediante o uso da concentração de 0,50 $\mu\text{mol L}^{-1}$ de ácido salicílico, enquanto sob condições ideais de cultivo (100% do NRA) o valor máximo da variável (40,9) foi resultante do uso da concentração de 0,75 $\mu\text{mol L}^{-1}$ de ácido salicílico, não havendo ajuste de regressão para o tratamento de 75% do NRA (Figura 6).

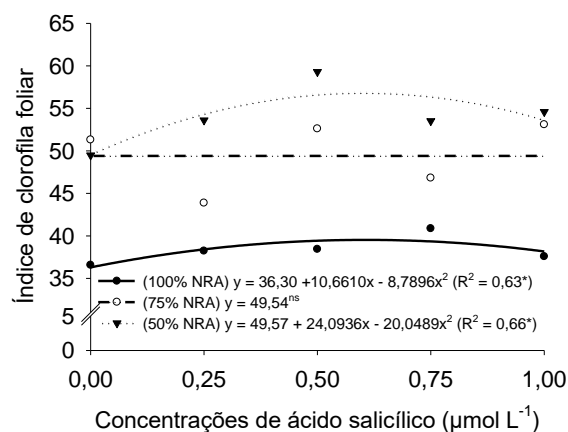


Figura 6 Índice de clorofila foliar de mudas de melancia em função de diferentes níveis de retenção de água (100, 75 e 50% do NRA) e concentrações de ácido salicílico. O asterisco (*) indica que os valores de R^2 são significativos pelo teste F ao nível de 5% ($P \leq 0,05$).

O maior índice de clorofila nas plantas sob condição de estresse hídrico (50% do NRA), pode ser atribuído a menor área foliar das mudas nessa condição, o que provavelmente favoreceu a concentração desses pigmentos, considerando que quanto menor a área foliar, maior o número de moléculas de clorofila agrupadas. Embora o ácido salicílico tenha promovido incrementos nessa variável, pode-se inferir que a taxa fotossintética nesse caso, foi a menor em relação as demais disponibilidades hídricas, fato constatado pela menor produção de matéria seca da parte aérea das mudas, uma vez que a disponibilidade de água foi fator limitante para o processo, o que por consequência pode ter resultado em menor abertura estomática, considerando que plantas C3 como a melancia, são limitadas a assimilar CO₂ em situações de déficit hídrico, comparadas às plantas C4, por exemplo.

Sob condição de déficit hídrico, Razmi et al. (2017) verificaram redução no conteúdo de clorofila nas folhas de genótipos de soja. Esse resultado difere do encontrado no presente estudo, pois sob estresse hídrico (50% do NRA) observou-se maior índice de clorofila foliar. Em contrapartida, os referidos autores verificaram que o ácido salicílico (0,4 mM) aumentou o conteúdo de clorofila em comparação ao controle, fato observado neste trabalho, confirmando o papel atenuador do ácido salicílico.

Estudando os efeitos do estresse hídrico também em genótipos de soja, Silvente, Sobolev e Lara (2012) não observaram nenhum efeito do estresse hídrico no conteúdo de clorofila. Os resultados do presente trabalho corroborando com os citados anteriormente, permitem inferir que essa variável é dependente de vários fatores, como as características genéticas e morfológicas da planta, podendo não haver diminuição da produção de clorofila das plantas em condições de estresse hídrico. Estudando os efeitos do ácido salicílico em mudas de trigo (*Triticum polonicum* L.) sob estresse abiótico, Sheng et al. (2015) observaram que a aplicação exógena do ácido inibe a degradação de clorofila nessas plantas e aumenta a concentração deste pigmento corroborando com os resultados do presente estudo. Na literatura tem sido relatado que o papel protetor do ácido salicílico pode estar diretamente relacionado ao seu papel na elevação do conteúdo de clorofila regulando a distribuição de ferro e magnésio na planta (DRAZIC; MIHAJLOVIC, 2005).

O conteúdo relativo de água (CRA) é um indicador fisiológico muito importante para determinar o estado da água do tecido foliar, sendo a redução desse indicador o primeiro efeito do estresse hídrico nas plantas, ocasionando redução do potencial

hídrico da folha, levando ao fechamento dos estômatos (SALEHI-LISAR; BAKHSHAYESHAN-AGDAM, 2016). Em relação a essa variável, constatou-se um decréscimo com o aumento das concentrações de ácido salicílico até a concentração de $0,75 \mu\text{mol L}^{-1}$ para as disponibilidades hídricas de 100% e 50% do nível máximo de retenção de água do substrato (NRA) (Figura 7). Todavia, a partir da concentração mencionada anteriormente, passou-se a observar aumento no conteúdo relativo de água das folhas para os referidos tratamentos.

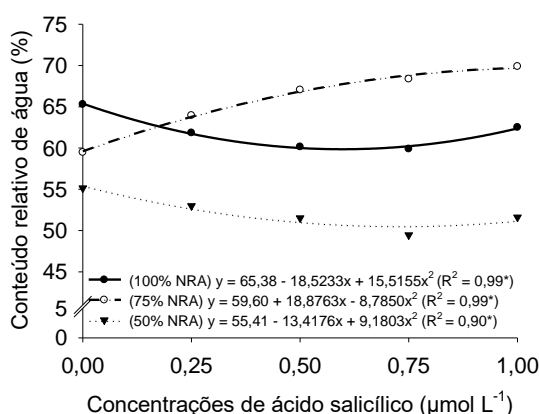


Figura 7 Conteúdo relativo de água de mudas de melancia em função de diferentes níveis de retenção de água (100, 75 e 50% do NRA) e concentrações de ácido salicílico. O asterisco (*) indica que os valores de R^2 são significativos pelo teste F ao nível de 5% ($P \leq 0,05$).

Concentrações crescentes de ácido salicílico contribuíram para o aumento do conteúdo relativo de água na folha, considerando a disponibilidade hídrica de 75% do NRA, onde a maior concentração estudada resultou no valor máximo da variável (69,7%), apresentando comportamento contrário em relação aos demais tratamentos (Figura 7). Esse resultado, possibilita inferir que as concentrações de ácido salicílico contribuíram para o aumento do CRA nas folhas de melancia, atuando no ajustamento osmótico celular, pelo aumento da concentração de solutos no vacúolo e no citosol, o que por sua vez eleva o conteúdo de água celular pelo maior fluxo desta em direção a esses compartimentos, mantendo a turgidez e o volume celular.

Determinando os efeitos de diferentes concentrações de ácido salicílico (0, 100 e 150 ppm) em características morfofisiológicas em ecótipos de duas espécies de tomilho (*Thymus vulgaris* e *T. kotschyanus*) sob condições de estresse hídrico, Mohammadi et al. (2019) observaram interação significativa entre os fatores estudados, havendo variação na resposta dos ecótipos avaliados em relação ao conteúdo relativo de água, sendo este influenciado pelo genótipo, condições de

crescimento e concentrações de ácido salicílico. Os autores, observaram tanto um aumento quanto uma redução no CRA entre os ecótipos com o aumento das concentrações de ácido salicílico sob déficit hídrico. Estudando o ácido salicílico exógeno sobre os efeitos fisiológicos e bioquímicos de mudas de bayberry vermelha (*Myric rubra*) cultivadas sob estresse hídrico (20 e 50% da capacidade de campo), Ying et al. (2013) também verificaram que o tratamento com ácido salicílico contribuiu para o aumento do conteúdo relativo de água na folha das mudas. Esses resultados indicam que o ácido salicílico é capaz de promover incremento no conteúdo relativo de água da folha, sendo dependente do nível de estresse, da concentração utilizada e da variedade estudada, podendo haver variação de respostas intraespecíficas ou interespecíficas.

Em condição de estresse hídrico severo, 50% do nível máximo de retenção de água do substrato (NRA), houve maior vazamento de eletrólitos (48,7%) com o uso da concentração de $0,75 \mu\text{mol L}^{-1}$ de ácido salicílico (Figura 8). Em condições de boa disponibilidade hídrica (100% do NRA), o maior valor da variável (56,4%) foi observado mediante o uso da concentração de $0,50 \mu\text{mol L}^{-1}$ do ácido. Investigando os efeitos de mitigação do pré-tratamento com ácido salicílico (0, 0,01 e 0,1 mM) em plantas de artemísia (*Artemisia aucheri*) sob estresse hídrico, Abbaspour e Ehsanpour (2016) observaram que na ausência de estresse, concentrações crescentes do regulador contribuíram para o aumento no vazamento de eletrólitos, corroborando com os resultados deste estudo.

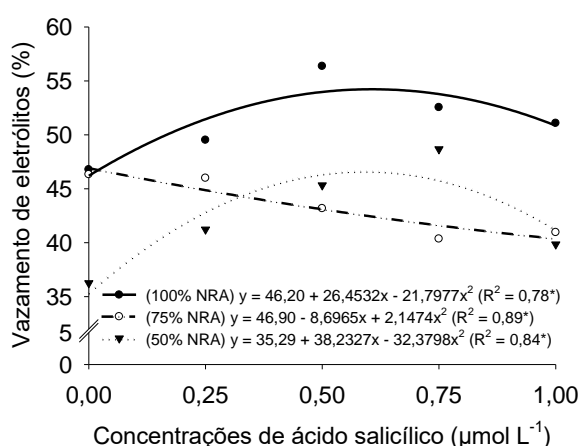


Figura 8 Vazamento de eletrólitos de mudas de melancia em função de diferentes níveis de retenção de água (100, 75 e 50% do NRA) e concentrações de ácido salicílico. O asterisco (*) indica que os valores de R^2 são significativos pelo teste F ao nível de 5% ($P \leq 0,05$).

Sob estresse hídrico moderado (75% do NRA), o aumento das concentrações de ácido salicílico provocou redução no vazamento de eletrólitos, indicando efeito benéfico deste regulador vegetal na estabilidade das membranas das células de mudas de melanciaira nessa condição. Dentre as concentrações avaliadas, 0,75 $\mu\text{mol L}^{-1}$ de ácido salicílico, culminou em menor vazamento de eletrólitos considerando a referida disponibilidade hídrica (Figura 8). Estudando o ácido salicílico em *Torreya grandis* cv. Merrillii sob diferentes estresses hídricos, Shen et al. (2014) observaram redução no vazamento de eletrólitos das mudas após aplicação de 0,5 mM do ácido, principalmente sob condição de estresse moderado.

Considerando a matéria seca da parte aérea das plantas de melanciaira, em condição de estresse hídrico severo (50% do NRA), o maior valor da variável (1,0 g planta^{-1}) ocorreu mediante aplicação de ácido salicílico na concentração de 0,75 $\mu\text{mol L}^{-1}$, revelando ação positiva desse regulador em situação de estresse. Nas disponibilidades hídricas de 75% e 100% do nível máximo de retenção de água do substrato, as plantas tratadas com 1,0 $\mu\text{mol L}^{-1}$ de ácido salicílico apresentaram maiores valores de matéria seca da parte aérea (Figura 9). Esses resultados confirmam os obtidos para a variável área foliar, considerando que as mesmas concentrações de ácido salicílico promoveram os maiores incrementos em ambas as variáveis.

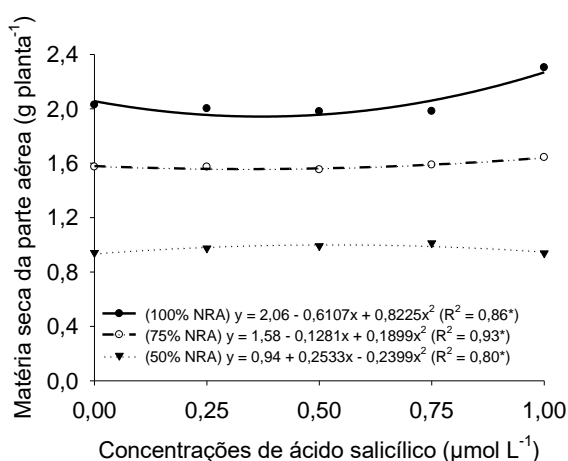


Figura 9 Matéria seca da parte aérea de mudas de melanciaira em função de diferentes níveis de retenção de água (100, 75 e 50% do NRA) e concentrações de ácido salicílico. O asterisco (*) indica que os valores de R^2 são significativos pelo teste F ao nível de 5% ($P \leq 0,05$).

De modo geral, plantas sob deficiência hídrica apresentaram menor massa seca da parte aérea, independentemente da aplicação de ácido salicílico (Figura 9). Isso pode ser justificado devido o déficit hídrico implicar na diminuição da fotossíntese

e redução do turgor das células, afetando a divisão e expansão celular resultando em menor ganho total de carbono, o que reflete diretamente na diminuição da biomassa da parte aérea (LUBOVSKÁ et al., 2014). Todavia, como já relatado, o ácido salicílico mostrou-se benéfico em todas as disponibilidades hídricas estudadas, promovendo incrementos na variável.

Plantas de mostarda (*Brassica juncea*) tratadas com 10 μM de ácido salicílico exógeno apresentaram aumento significativo de 51% na massa seca da parte aérea em relação ao controle (PARASHAR et al., 2014). Por outro lado, Gorni e Pacheco (2016) não observaram diferença significativa na massa seca da parte aérea de plantas de milefólio (*Achillea millefolium* L.) tratadas com ácido salicílico, estes autores indicam que possivelmente houve mudanças na distribuição de massa entre os diferentes órgãos da planta, uma vez que houve incremento na massa seca do sistema radicular, ou seja, foi priorizado sobre a parte aérea. Os resultados indicam que o ácido salicílico exerce respostas que dependem da espécie e das concentrações utilizadas.

Não houve interação significativa entre os fatores estudados para a variável matéria seca da raiz. Mudanças de melanciaira submetidas a diferentes condições hídricas, apresentaram maior massa seca das raízes no tratamento de 50% do nível máximo de retenção de água do substrato (NRA), não diferindo estatisticamente do tratamento de 75% do NRA (Figura 10A). Esse resultado possibilita inferir que sob estresse hídrico, as plantas aumentam sua área de absorção como estratégia para se adaptarem a menor disponibilidade hídrica. A concentração de 1,0 $\mu\text{mol L}^{-1}$ de ácido salicílico resultou em maior massa seca das raízes (0,14 g planta⁻¹), resultando em acréscimo de 9% em relação ao tratamento controle (0,0 $\mu\text{mol L}^{-1}$) (Figura 10B). Esse resultado confirma o obtido para a variável volume de raiz, onde a mesma concentração resultou em maior valor da variável. Gorni et al. (2017) também observaram efeito benéfico do ácido salicílico na matéria seca das raízes de plantas de erva-doce (*Foeniculum vulgare*), relatando aumento de 17,5% nessa variável em plantas tratadas com 0,25 mM de ácido salicílico, comparadas as plantas controle.

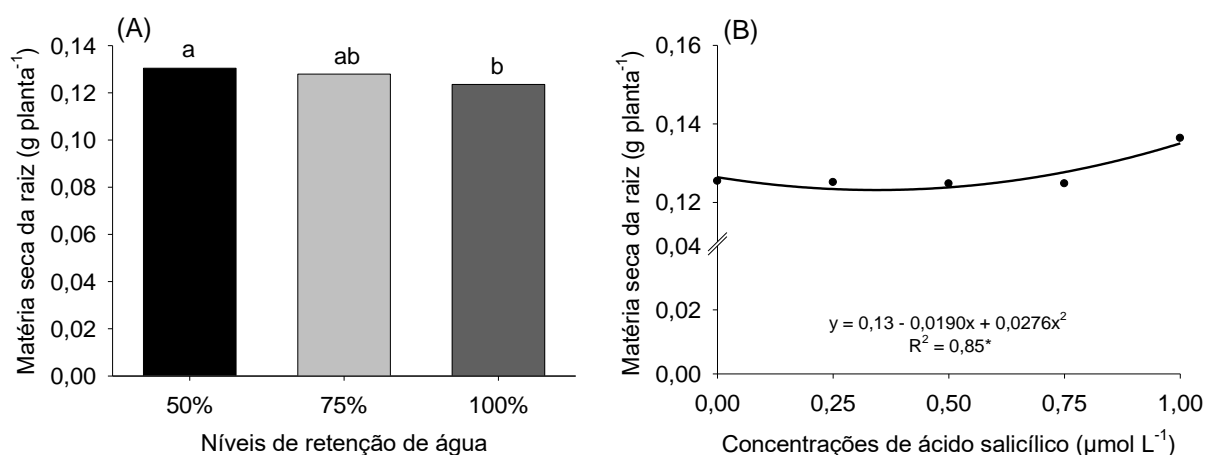


Figura 10 Matéria seca da raiz de plantas de melancia em função de diferentes níveis de retenção de água (100, 75 e 50% do NRA) e concentrações de ácido salicílico. Em A, médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$; DMS = 0,006). O asterisco (*) indica que os valores de R^2 são significativos pelo teste F ao nível de 5% ($P \leq 0,05$).

4.2 Variáveis bioquímicas

Considerando as variáveis bioquímicas, houve interação significativa entre os diferentes níveis de retenção de água do substrato e concentrações de ácido salicílico sobre a concentração de proteína solúvel, aminoácidos solúveis totais, prolina livre, carboidratos solúveis totais, sacarose e amido nas mudas de melancia (Tabela 2).

Tabela 2 Análise de variância da concentração de solutos orgânicos quantificados em folhas de melancia tratadas com diferentes concentrações de ácido salicílico (AS) e submetidas a diferentes níveis de retenção de água (NRA).

Fontes de variação	Proteína solúvel (mg g ⁻¹)	Aminoácidos solúveis totais (μmol g ⁻¹)	Prolina livre (μmol g ⁻¹)	Carboidratos solúveis totais (mg g ⁻¹)	Sacarose (μg g ⁻¹)	Amido (mg g ⁻¹)
----- Teste F -----						
NRA	13,38**	639,61**	751,91**	8747,55**	96,26**	127,50**
AS	18,83**	217,21**	2496,34**	715,16**	42,03**	56,07**
NRA X AS	12,27**	543,28**	4961,04**	958,24**	52,80**	24,79**
CV (%)	7,52	1,10	1,74	1,19	5,03	8,63

** significativo ao nível de $P \leq 0,01$, pelo teste F; CV - coeficiente de variação.

As concentrações de proteínas solúveis foram influenciadas pelas diferentes concentrações de ácido salicílico e pelos diferentes níveis de retenção de água do substrato. Sob estresse hídrico severo, 50% do nível máximo de retenção de água do

substrato, observou-se menor concentração de proteínas solúveis com o uso de 1,0 $\mu\text{mol L}^{-1}$ de ácido salicílico, não havendo diferença significativa mediante o uso das demais concentrações de ácido salicílico e o tratamento controle (0,0 $\mu\text{mol L}^{-1}$). Sob a disponibilidade hídrica de 75% do NRA, a partir de 0,50 $\mu\text{mol L}^{-1}$ de ácido salicílico observou-se incrementos na variável. Sob boas condições de cultivo (100% do NRA), a maior concentração de proteínas solúveis (5,4 mg g^{-1}) foi obtida com uso de 0,75 $\mu\text{mol L}^{-1}$ de ácido salicílico, diferindo estatisticamente dos demais tratamentos nessa mesma condição hídrica (Figura 11).

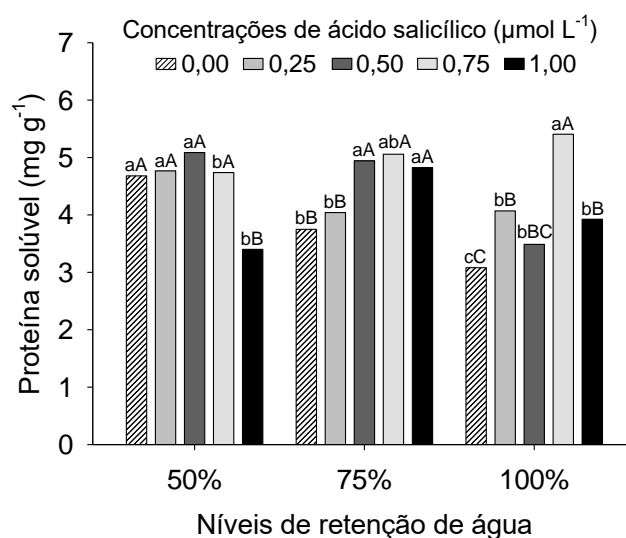


Figura 11 Concentração de proteína solúvel em plantas de melancia em função de diferentes níveis de retenção de água (50, 75 e 100% do NRA) e concentrações de ácido salicílico. Médias seguidas por letras minúsculas iguais para cada concentração de ácido salicílico não diferem entre si (DMS = 0,66), enquanto que as médias seguidas por letras maiúsculas iguais dentro da mesma disponibilidade hídrica não diferem entre si (DMS = 0,78). As médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

Plantas de milho (*Zea mays*) tratadas com 10 μM de ácido salicílico e submetidas ao déficit hídrico exibiram aumento na concentração de proteínas solúveis (SHAN; WANG, 2017). Incremento na concentração de proteínas em plantas de cidrão (*Lippia citriodora*) tratadas com 150 e 300 ppm de ácido salicílico na presença e ausência do estresse hídrico, também foram observados por Dianat, Saharkhiz e Tavassolian (2016), sendo esses resultados análogos aos obtidos neste trabalho. De acordo com os resultados obtidos, o ácido salicílico mostrou-se benéfico na mitigação do estresse hídrico e contribuiu para o incremento na concentração de proteínas solúveis.

A aplicação exógena de ácido salicílico promoveu incremento na concentração de aminoácidos solúveis totais e ressalta-se que tais incrementos foram obtidos com concentrações específicas de ácido salicílico nos diferentes níveis de retenção de água estudados. As demais concentrações de ácido salicílico resultaram em valores da variável semelhantes ou inferiores aos obtidos com o controle ($0,0 \mu\text{mol L}^{-1}$) em todas as disponibilidades hídricas (Figura 12).

Na disponibilidade hídrica de 50% do nível máximo de retenção de água do substrato (NRA), a aplicação de $0,50 \mu\text{mol L}^{-1}$ de ácido salicílico, culminou em maior concentração de aminoácidos solúveis totais ($90,4 \mu\text{mol g}^{-1}$) em plantas de melancia. Sob estresse hídrico moderado (75% do NRA) o maior valor da variável ($75,9 \mu\text{mol g}^{-1}$) foi alcançado com a maior concentração de ácido salicílico utilizada, $1,0 \mu\text{mol L}^{-1}$. Na ausência de estresse hídrico, $0,75 \mu\text{mol L}^{-1}$ de ácido salicílico foi responsável pela maior concentração de aminoácidos solúveis totais ($79,6 \mu\text{mol g}^{-1}$) (Figura 12).

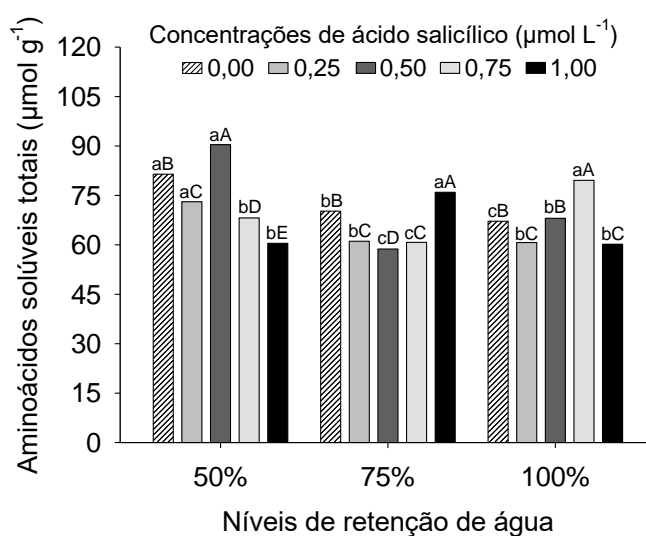


Figura 12 Concentração de aminoácidos solúveis totais em plantas de melancia em função de diferentes níveis de retenção de água (50, 75 e 100% do NRA) e concentrações de ácido salicílico. Médias seguidas por letras minúsculas iguais para cada concentração de ácido salicílico não diferem entre si (DMS = 1,53), enquanto que as médias seguidas por letras maiúsculas iguais dentro da mesma disponibilidade hídrica não diferem entre si (DMS = 1,80). As médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

Plantas de erva-fina (*Agrostis stolonifera*) submetidas ao estresse hídrico e tratadas com $10 \mu\text{M}$ de ácido salicílico, apresentaram maior acúmulo de aminoácidos (prolina, serina, treonina e alanina) em relação ao tratamento controle (LI et al., 2016). Semelhantemente, plantas de mostarda indiana (*Brassica juncea*) tratadas com 1 mM

de ácido salicílico também apresentaram maior acúmulo de aminoácidos solúveis (KOHLI et al., 2019). O acúmulo de metabólitos responsivos ao estresse, a exemplo dos aminoácidos é um processo importante para adaptação a estresses abióticos, como o déficit hídrico. Alterações nesses metabólitos demonstram além de mudanças no metabolismo das plantas, a ativação de importantes mecanismos de defesa, a exemplo do ajuste osmótico e do metabolismo antioxidante (JESPERSEN; YU; HUANG, 2017). Nesse sentido, no presente estudo, a aplicação exógena de ácido salicílico foi eficiente tanto na mitigação do estresse por déficit hídrico, quanto na ausência de estresse.

O ácido salicílico promoveu incrementos ainda na concentração de prolina livre das plantas em todas as disponibilidades hídricas estudadas. Sob condição de estresse hídrico severo (50% do NRA), a maior concentração de prolina ($1,16 \mu\text{mol g}^{-1}$) foi observada com uso de $1,0 \mu\text{mol L}^{-1}$ de ácido salicílico, promovendo incremento de 68% em relação ao tratamento controle ($0,0 \mu\text{mol L}^{-1}$). Na disponibilidade hídrica de 75% do nível máximo de retenção de água do substrato, também se observou maiores concentrações de prolina mediante o uso das maiores concentrações de ácido salicílico ($0,75$ e $1,0 \mu\text{mol L}^{-1}$), cujas médias não diferiram estatisticamente (Figura 13). Na ausência de estresse hídrico (100% do NRA), verificou-se que embora o ácido salicílico tenha promovido incrementos nesta variável, a maior concentração de prolina livre foi observada com uso de baixa concentração do ácido ($0,50 \mu\text{mol L}^{-1}$), diferindo dos resultados observados sob condição de estresse hídrico (Figura 13).

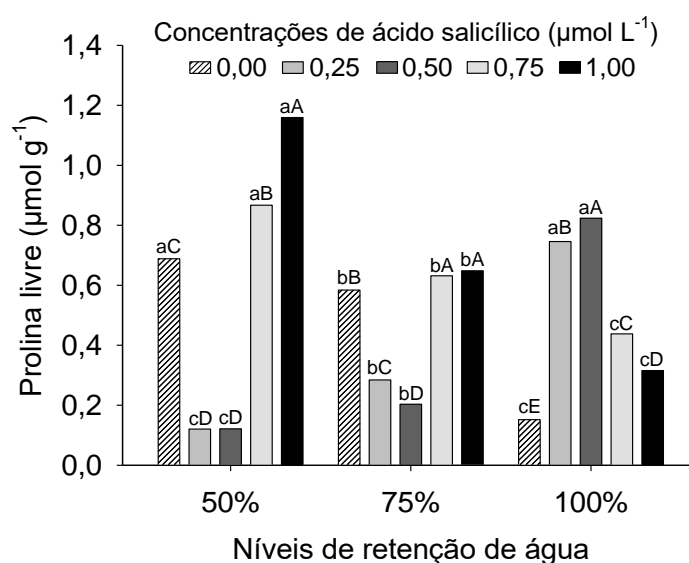


Figura 13 Concentração de prolina livre em plantas de melancia em função de diferentes níveis de retenção de água (50, 75 e 100% do NRA) e concentrações de ácido salicílico. Médias seguidas por letras minúsculas iguais para cada concentração

de ácido salicílico não diferem entre si (DMS = 0,018), enquanto que as médias seguidas por letras maiúsculas iguais dentro da mesma disponibilidade hídrica não diferem entre si (DMS = 0,021). As médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

A prolina é um dos solutos compatíveis mais amplamente distribuídos que se acumula nas plantas durante as restrições ambientais adversas. Tal fato, pode ser observado neste estudo, pois quanto maior a restrição hídrica, maior foi o acúmulo desse soluto. Como aminoácido multifuncional, a prolina desempenha diversos papéis sob condições de estresse, como a estabilização de proteínas, membranas e estruturas subcelulares, atua no ajuste osmótico, além de proteger as funções celulares pela captura de espécies reativas de oxigênio (ERO) (KAUR; ASTHIR, 2015). A aplicação foliar de ácido salicílico nas plantas de melancia sob estresse hídrico, mostrou-se um método eficaz para reduzir os efeitos deletérios desse tipo de estresse, considerando que as maiores concentrações de prolina livre foram observadas mediante a aplicação exógena do regulador vegetal em estudo, confirmando o efeito benéfico do ácido salicílico na melhoria da atividade antioxidante das plantas (Figura 13).

Plantas de canola (*Brassica napus*) cultivadas sob estresse hídrico e submetidas a aplicação exógena de ácido salicílico, também apresentaram incrementos na concentração de prolina livre, até mesmo na ausência de estresse (LA et al., 2019), corroborando com os resultados desse estudo. Resultados semelhantes foram encontrados por Shan e Wang (2017), observando aumento na concentração de prolina em plantas de milho (*Zea mays*) sob estresse hídrico, submetidas ao tratamento com ácido salicílico (10 μM). O ácido salicílico contribuiu para redução da concentração de carboidratos solúveis totais nas folhas de melancia, nas disponibilidades hídricas de 50 e 100% do nível máximo de retenção de água do substrato (NRA). Sob estresse hídrico moderado, 75% do NRA, verificou-se resposta contrária, onde a concentração de 1,0 $\mu\text{mol L}^{-1}$ de ácido salicílico promoveu maior acúmulo de carboidratos solúveis totais, sendo este incremento de 9% em relação ao controle (0,0 $\mu\text{mol L}^{-1}$) (Figura 14).

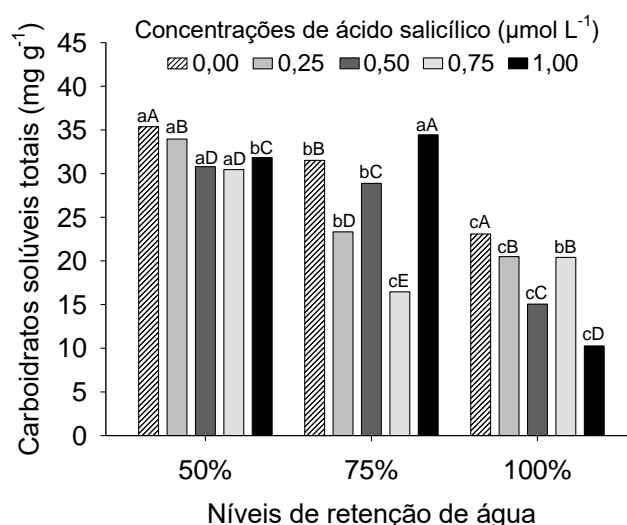


Figura 14 Concentração de carboidratos solúveis totais em plantas de melancia em função de diferentes níveis de retenção de água (50, 75 e 100% do NRA) e concentrações de ácido salicílico. Médias seguidas por letras minúsculas iguais para cada concentração de ácido salicílico não diferem entre si (DMS = 0,61), enquanto que as médias seguidas por letras maiúsculas iguais dentro da mesma disponibilidade hídrica não diferem entre si (DMS = 0,73). As médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

Na literatura, o ácido salicílico tem sido relatado também como indutor do acúmulo de carboidratos solúveis totais, aumentando a tolerância de plantas ao estresse hídrico por atuarem no ajustamento osmótico ou no fornecimento de substratos energéticos, como a glicose, às plantas para lidarem com esse tipo de estresse (LI et al., 2016). Esse resultado pode ser observado nas plantas cultivadas sob 75% do nível máximo de retenção de água do substrato. Todavia, também existem relatos de redução na concentração de carboidratos solúveis em plantas mediante a aplicação exógena de ácido salicílico (DAWOOD; SADAK; HOZAYEN, 2012). Esses resultados permitem inferir que as respostas fisiológicas desse regulador são dependentes da concentração utilizada e do ambiente de cultivo da planta.

Considerando as concentrações de sacarose e amido, no controle ($0,0 \mu\text{mol L}^{-1}$) de ácido salicílico, a manutenção da alta concentração desses (Figura 15), assim também como de carboidratos solúveis totais sob estresse hídrico severo (50% do NRA), sugere paralisação do crescimento das plantas de melancia nessa condição hídrica, assim como diminuição na taxa de translocação para os drenos, o que pode ter refletido no menor crescimento da parte aérea. Os resultados obtidos permitem inferir ainda envolvimento do ácido salicílico na realocação desses solutos produzidos durante o período fotossintético, considerando que mediante a aplicação exógena do

regulador, houve variação na concentração desses, provavelmente por estarem sendo rapidamente utilizados pela planta para o crescimento e tolerância ao estresse hídrico imposto. Na disponibilidade hídrica de 75% do nível máximo de retenção de água do substrato, verificou-se maior acúmulo de sacarose com o uso do ácido salicílico em relação ao tratamento controle, aliviando os efeitos do estresse hídrico (Figura 15A). Esse acúmulo pode ser justificado pela maior degradação de amido, constatada pela menor concentração deste, considerando a mesma disponibilidade hídrica (Figura 15B).

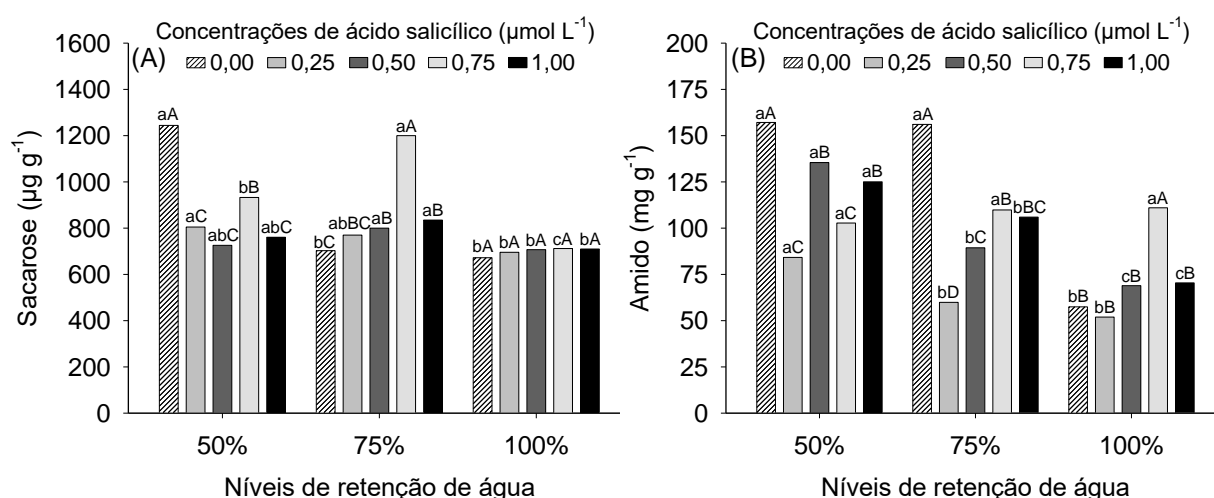


Figura 15 Concentrações de sacarose (A) e amido (B) em plantas de melancia em função de diferentes níveis de retenção de água (50, 75 e 100% do NRA) e concentrações de ácido salicílico. Médias seguidas por letras minúsculas iguais para cada concentração de ácido salicílico não diferem entre si, em A (DMS = 82,66), em B (DMS = 17,16), enquanto que as médias seguidas por letras maiúsculas iguais dentro da mesma disponibilidade hídrica não diferem entre si, em A (DMS = 97,63), em B (DMS = 20,27). As médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

Em estudo com plantas de canola (*Brassica napus*) tratadas com 0,5 mM de ácido salicílico e submetidas ao estresse hídrico, La et al. (2019) também observaram redução na concentração de amido e acúmulo de sacarose, corroborando com os resultados encontrados nesse estudo. Os autores atribuem esse resultado a maior atividade da enzima sacarose fosfato sintase e dos genes relacionados à degradação do amido, mediados pela sinalização do ácido salicílico. Na ausência de estresse hídrico (100% do NRA), verificou-se que o uso do ácido salicílico (0,75 $\mu\text{mol L}^{-1}$) promoveu maior acúmulo de amido (111,0 mg g^{-1}), favorecendo dessa forma a reserva energética nessa condição hídrica (Figura 15B). Em estudo com variedades de trigo (*Triticum aestivum*), Sharma et al. (2017) também relataram maior concentração de amido nas folhas das plantas tratadas com ácido salicílico, na concentração de 0,5

mM. Esses resultados confirmam que a aplicação exógena desse regulador vegetal apresenta variação de respostas em diferentes espécies e condições de cultivo.

5 CONCLUSÕES

As respostas morfofisiológicas de plantas de melanciaira submetidas a aplicação exógena de ácido salicílico e ao estresse por déficit hídrico são variáveis em função da concentração utilizada e do nível de estresse imposto. A aplicação exógena foliar de ácido salicílico promove melhorias no crescimento e desenvolvimento das plantas de melanciaira. Destaca-se a aplicação exógena foliar de ácido salicílico na concentração de $1,0 \mu\text{mol L}^{-1}$ quando as plantas são cultivadas com 100% e 75% do nível máximo de retenção de água do substrato (NRA). Já nas plantas cultivadas com 50% do NRA, recomenda-se a aplicação exógena foliar de $0,75 \mu\text{mol L}^{-1}$ de ácido salicílico. Além de promover melhorias no crescimento das plantas de melanciaira, o ácido salicílico promove incremento na concentração de solutos orgânicos nas folhas das mudas de melanciaira favorecendo o metabolismo vegetal em condições de restrição hídrica e, portanto, melhorando a tolerância ao déficit hídrico.

REFERÊNCIAS

- ABBASPOUR, J.; EHSANPOUR, A.A. Physiological targets of salicylic acid on *Artemisia aucheri* BOISS as a medicinal and aromatic plant grown under in vitro drought stress. **Botanical Studies**, v. 57, n. 1, p. 1-12, 2016.
- AGOSTINI, E.A.T.; MACHADO-NETO, N.B.; CUSTÓDIO, C.C. Induction of water deficit tolerance by cold shock and salicylic acid during germination in the common bean. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 35, n. 2, p. 209-219, 2013.
- ALINIAEIFARD, S.; HAJILOU, J.; TABATABAEI, S.J. Photosynthetic and growth responses of olive to proline and salicylic acid under salinity condition. **Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca**, v. 44, n. 2, p. 579-585, 2016.
- ASHRAF, M.; AKRAM, N.A.; ALQURAINY, F.; FOOLAD, M.R. Drought tolerance: roles of organic osmolytes, growth regulators, and mineral nutrients. **Advances in Agronomy**, v. 111, p. 249-296, 2011.
- BATES, L.S.; WALDREN, R.P.; TEARE, I.D. Rapid determination of free proline for water-stress studies. **Plant and Soil**, v. 39, n. 1, p. 205-207, 1973.
- BRADFORD, M. A rapid and sensitive method for the determination of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, v. 72, n. 1-2, p. 248-254, 1976.
- BRITO, L.P.S.; BEZERRA, T.T.; NUNES, E.M.B.; CAVALCANTE, M.Z.B.; SIQUEIRA FILHO, J.A. Produção de mudas de *Schinopsis brasiliensis* Engler sob prévia lavagem do pó de coco e submetidas a doses crescentes de fertilizante de liberação controlada. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 3, p. 1022-1034, 2018.
- CAMPAGNOL, R.; MELLO, S.C.; BARBOSA, J.C. Vertical growth of mini watermelon according to the training height and plant density. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 4, p. 726-732, 2012.
- CHAVOUSHI, M.; NAJAFI, F.; SALIMI, A.; ANGAJI, S.A. Improvement in drought stress tolerance of safflower during vegetative growth by exogenous application of salicylic acid and sodium nitroprusside. **Industrial Crops and Products**, v. 134, p. 168-176, 2019.
- COSTA, A.R.F.C.; MEDEIROS, J.F.; PORTO FILHO, F.Q.; SILVA, J.S.; COSTA, F.G.B.; FREITAS, D.C. Produção e qualidade de melancia cultivada com água de diferentes salinidades e doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 9, p. 947-954, 2013.
- DAMALAS, C.A. Improving drought tolerance in sweet basil (*Ocimum basilicum*) with salicylic acid. **Scientia Horticulturae**, v. 246, p. 360-365, 2019.
- DAWOOD, M.G.; SADAK, M.S.; HOZAYEN, M. Physiological role of salicylic acid in improving performance, yield and some biochemical aspects of sunflower plant

grown under newly reclaimed sandy soil. **Australian Journal of Basic and Applied Sciences**, v. 6, n. 4, p. 82-89, 2012.

DIANAT, M.; SAHARKHIZ, M.J.; TAVASSOLIAN, I. Salicylic acid mitigates drought stress in *Lippia citriodora* L.: Effects on biochemical traits and essential oil yield. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 8, p. 286-293, 2016.

DIAS, R.C.S.; BARBOSA, G.S.; SOUZA, F.F.; QUEIROZ, M.A.; RESENDE, G.M.; COSTA, N.D. Cultivares. In: DIAS, R.C.S.; RESENDE, G.M.; COSTA, N.D. (ed.). **Sistema de produção de melancia**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010. (Embrapa Semiárido. *Sistemas de Produção*, 6).

DIAS, R.C.S.; SOUZA, R.N.C.; SOUZA, F.F.; BARBOSA, G.S.; DAMACENO, L.S. Produção de mudas. In: DIAS, R.C.S.; RESENDE, G.M.; COSTA, N.D. (ed.). **Sistema de produção de melancia**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010. (Embrapa Semiárido. *Sistemas de Produção*, 6).

DIONISIO-SESE, M.L.; TOBITA, S. Antioxidant responses of rice seedlings to salinity stress. **Plant Science**, v. 135, n. 1, p. 1-9, 1998.

DOMINGHETTI, A.W.; SOUZA, A.J.J.; SILVEIRA, H.R.O.; SANTANA, J.A.V.; SOUZA, K.R.D.; GUIMARÃES, R.J.; LACERDA, J.R. Tolerância ao déficit hídrico de cafeeiros produzidos por estaquia e embriogênese somática. **Coffee Science**, v. 11, n. 1, p. 117-126, 2016.

DRAZIC, G.; MIHAJLOVIC, N. Modification of cadmium toxicity in soybean seedlings by salicylic acid. **Plant Science**, v. 168, n. 2, p. 511-517, 2005.

DUBOIS, M.; GILLIES, K.A.; HAMILTON, J.K.; REBERS, P.A.; SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Chemistry**, v. 28, n. 3, p. 350-356, 1956.

DUTRA, W.F.; MELO, A.S.; SUASSUNA, J.F.; DUTRA, A.F.; SILVA, D.C.; MAIA, J.M. Antioxidative responses of cowpea cultivars to water deficit and salicylic acid treatment. **Agronomy Journal**, v. 109, n. 3, p. 895-905, 2017.

ESTATÍSTICAS DE COMÉRCIO EXTERIOR DO AGRONEGÓCIO BRASILEIRO (AGROSTAT). **Exportação e importação de frutas**. 2019. Disponível em: <http://indicadores.agricultura.gov.br/index.htm>. Acesso em: 24 Mar 2019.

FANG, Y.; XIONG, L. General mechanisms of drought response and their application in drought resistance improvement in plants. **Cellular and Molecular Life Sciences**, v. 72, n. 4, p. 673-689, 2015.

FERRARI, G.N.; SUGUINO, E.; MARTINS, A.N.; CAMPAGNOL, R.; FURLANETO, F.P.B.; MINAMI, K. **A cultura da melancia**. Piracicaba: ESALQ - Divisão de Biblioteca, 2013. 62 p. (Série Produtor Rural, nº 54).

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3 ed. Viçosa, MG: UFV, 2008. 421 p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **FAOSTAT**: production crops. 2019. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Acesso em: 24 Mar 2019.

GHADERI, N.; NORMOHAMMADI, S.; JAVADI, T. Morpho-physiological responses of strawberry (*Fragaria xananassa*) to exogenous salicylic acid application under drought stress. **Journal of Agricultural Science and Technology**, v. 17, n. 1, p. 167-178, 2015.

GORNI, P.H.; BROZULATO, M.O.; LOURENÇÃO, R.S.; KONRAD, E.C.G. Increased biomass and salicylic acid elicitor activity in fennel (*Foeniculum vulgare* Miller). **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 20, e2016172, 2017.

GORNI, P.H.; PACHECO, A.C. Growth promotion and elicitor activity of salicylic acid in *Achillea millefolium* L. **African Journal of Biotechnology**, v. 15, n. 16, p. 657-665, 2016.

HABIBI, A.; ABDOLI, M. Influence of salicylic acid pre-treatment on germination, vigor and growth parameters of garden cress (*Lepidium sativum*) seedlings under water potential loss at salinity stress. **International Research Journal of Applied and Basic Sciences**, v. 4, n. 6, p. 1393-1399, 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Produção Agrícola Municipal**: Culturas temporárias e permanentes 2017. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>. Acesso em: 24 Mar 2019.

JESPERSEN, D.; YU, J.; HUANG, B. Metabolic effects of acibenzolar-s-methyl for improving heat or drought stress in creeping bentgrass. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, n. 1224, p. 1-15, 2017.

KANG, G.; LI, G.; GUO, T. Molecular mechanism of salicylic acid-induced abiotic stress tolerance in higher plants. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 36, n. 9, p. 2287-2297, 2014.

KAUR, G.; ASTHIR, B. Proline: a key player in plant abiotic stress tolerance. **Biologia Plantarum**, v. 59, n. 4, p. 609-619, 2015.

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.

KIST, B.B.; CARVALHO, C.; TREICHEL, M.; SANTOS, C.E. **Anuário brasileiro da fruticultura 2018**. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2018. 92 p.

KLAR, A.E. **A água no sistema solo-planta-atmosfera**. São Paulo: Nobel, 1984. 408p.

KOHLI, S.K.; BALI, S.; TEJPAL, R.; BHALLA, V.; VERMA, V.; BHARDWAJ, R.; ALQARAWI, A.A.; ABD_ALLAH, E.F.; AHMAD, P. *In-situ* localization and biochemical analysis of bio-molecules reveals Pb-stress amelioration in *Brassica juncea* L. by co-application of 24-epibrassinolide and salicylic acid. **Scientific Reports**, v. 9, n. 1, p. 1-15, 2019.

LA, V.H.; LEE, B.R.; ISLAM, M.T.; PARK, S.H.; JUNG, H.; BAE, D.W.; KIM, T.H. Characterization of salicylic acid-mediated modulation of the drought stress responses: Reactive oxygen species, proline, and redox state in *Brassica napus*. **Environmental and Experimental Botany**, v. 157, p. 1-10, 2019.

LA, V.H.; LEE, B.R.; ISLAM, M.T.; PARK, S.H.; LEE, H.; BAE, D.W.; KIM, T.H. Antagonistic shifting from abscisic acid- to salicylic acid-mediated sucrose accumulation contributes to drought tolerance in *Brassica napus*. **Environmental and Experimental Botany**, v. 162, p. 38-47, 2019.

LEI, T.; FENG, H.; SUN, X.; DAI, Q.L.; ZHANG, F.; LIANG, H.G.; LIN, H.H. The alternative pathway in cucumber seedlings under low temperature stress was enhanced by salicylic acid. **Plant Growth Regulation**, v. 60, n. 1, p. 35-42, 2010.

LI, M.; DU, N.; GUO, X.; YU, T.; ZHAO, C.; GUO, W. Nitrogen deposition does not reduce water deficit in *Ailanthus altissima* seedlings. **Flora**, v. 233, p. 171-178, 2017.

LI, Z.; YU, J.; PENG, Y.; HUANG, B. Metabolic pathways regulated by abscisic acid, salicylic acid and γ -aminobutyric acid in association with improved drought tolerance in creeping bentgrass (*Agrostis stolonifera*). **Physiologia Plantarum**, v. 159, n. 1, p. 42-58, 2016.

LIMA, P.R.; MALAVASI, U.C.; DRANSKI, J.A.L.; MALAVASI, M.M.; BORSOI, A.; ECCO, M. Estímulos químico e mecânico na rustificação de mudas de eucalipto. **Revista Ceres**, v. 65, n. 5, p. 424-432, 2018.

LUBOVSKÁ, Z.; DOBRÁ, J.; STORCHOVÁ, H.; WILHELMOVÁ, N.; VANKOVÁ, R. *Cytokinin oxidase/dehydrogenase* overexpression modifies antioxidant defense against heat, drought and their combination in *Nicotiana tabacum* plants. **Journal of Plant Physiology**, v. 171, n. 17, p. 1625-1633, 2014.

LUCAS, D.D.P.; STRECK, N.A.; BORTOLUZZI, M.P.; TRENTIN, R.; MALDANER, I. Temperatura base para emissão de nós e plastocrono de plantas de melancia. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 43, n. 2, p. 288-292, 2012.

MAGHSOUDI, K.; EMAM, Y.; ASHRAF, M.; ARVIN, M.J. Alleviation of field water stress in wheat cultivars by using silicon and salicylic acid applied separately or in combination. **Crop and Pasture Science**, v. 70, n. 1, p. 36-43, 2019.

MARIJUAN, M.P.; BOSCH, S.M. Ecophysiology of invasive plants: osmotic adjustment and antioxidants. **Trends in Plant Science**, v. 18, n. 12, p. 660-666, 2013.

MARQUELLI, W.A.; BRAGA, M.B.; ANDRADE JÚNIOR, A.S. **Irrigação na cultura da melancia**. Circular Técnica 108. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2012 (Circular Técnica).

MATHOBO, R.; MARAIS, D.; STEYN, J.M. The effect of drought stress on yield, leaf gaseous exchange and chlorophyll fluorescence of dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Agricultural Water Management**, v. 180, p. 118-125, 2017.

MAZZUCHELLI, E.H.L.; SOUZA, G.M.; PACHECO, A.C. Rustificação de mudas de eucalipto via aplicação de ácido salicílico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 44, n. 4, p. 443-450, 2014.

MIURA, K.; TADA, Y. Regulation of water, salinity, and cold stress responses by salicylic acid. **Frontiers in Plant Science**, v. 5, n. 4, p. 1-12, 2014.

MOHAMMADI, H.; AMIRIKIA, F.; GHORBANPOUR, M.; FATEHI, F.; HASHEMPOUR, H. Salicylic acid induced changes in physiological traits and essential oil constituents in different ecotypes of *Thymus kotschyanus* and *Thymus vulgaris* under well-watered and water stress conditions. **Industrial Crops and Products**, v. 129, p. 561-574, 2019.

MORAVCOVÁ, S.; TMAMA, J.; DUCAIOVÁ, Z.K.; WALIGÓRSKI, P.; KULA, M.; SAJA, D.; SLOMKA, A.; BWBA, W.; LIBIK-KONIECZNY, M. Influence of salicylic acid pretreatment on seeds germination and some defense mechanisms of *Zea mays* plants under copper stress. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 122, p. 19-30, 2018.

NAJAFABADI, M.Y.; EHSANZADEH, P. Photosynthetic and antioxidative upregulation in drought-stressed sesame (*Sesamum indicum* L.) subjected to foliar-applied salicylic acid. **Photosynthetica**, v. 55, n. 4, p. 611-622, 2017.

NAZAR, R.; UMAR, S.; KHAN, N. A. Exogenous salicylic acid improves photosynthesis and growth through increase in ascorbate-glutathione metabolism and S assimilation in mustard under salt stress. **Plant Signaling & Behavior**, v. 10, n. 3, e1003751, 2015.

OLIVEIRA, A.M.D.; COSTA, E.; REGO, N.H.; LUQUI, L.L.; KUSANO, D.M.; OLIVEIRA, E.P. Produção de mudas de melancia em diferentes ambientes e de frutos a campo. **Revista Ceres**, v. 62, n. 1, p. 87-92, 2015.

OLIVEIRA, P.G.F.; MOREIRA, O.C.; BRANCO, L.M.C.; COSTA, R.N.T.; DIAS, C.N. Eficiência de uso dos fatores de produção água e potássio na cultura da melancia irrigada com água de reuso. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 2, p. 153-158, 2012.

OMETTO, J.C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. 440p.

ÖZMEN, S.; KANBER, R.; SARI, N.; UNLU, M. The effects of deficit irrigation on nitrogen consumption, yield, and quality in drip irrigated grafted and ungrafted watermelon. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 14, n. 5, p. 966-976, 2015.

PÁL, M.; KOVÁCS, V.; SZALAI, G.; SOÓS, V.; MA, X.; LIU, H.; MEI, H.; JANDA, T. Salicylic acid and abiotic stress responses in rice. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 200, n. 1, p. 1-11, 2014.

PARASHAR, A.; YUSUF, M.; FARIDUDDIN, Q.; AHMAD, A. Salicylic acid enhances antioxidant system in *Brassica juncea* grown under different levels of manganese. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 70, p. 551-558, 2014.

PARIS, H.S. Origin and emergence of the sweet dessert watermelon, *Citrullus lanatus*. **Annals of Botany**, v. 116, n. 2, p. 133-148, 2015.

PARIS, H.S.; DAUNAY, M.-C.; JANICK, J. Medieval iconography of watermelons in Mediterranean Europe. **Annals of Botany**, v. 112, n. 5, p. 867-879, 2013.

POOT-POOT, W.A.; DELGADO-MARTÍNEZ, R.; CASTRO-NAVA, S.; SEGURA-MARTÍNEZ, M.T.; CARREÓN-PÉREZ, A.; HERNÁNDEZ-MARTÍNEZ, J.G. Effect of salicylic acid on pre-transplant acclimatization of native tomato populations. **Horticultura Brasileira**, v. 36, n. 4, p. 480-485, 2018.

RAZMI, N.; EBADI, A.; DANESHIAN, J.; JAHANBAKHS, S. Salicylic acid induced changes on antioxidant capacity, pigments and grain yield of soybean genotypes in water deficit condition. **Journal of Plant Interactions**, v. 12, n. 1, p. 457-464, 2017.

RESENDE, C.F.; PACHECO, V.S.; DORNELLAS, F.F.; OLIVEIRA, A.M.S.; FREITAS, J.C.E.; PEIXOTO, P.H.P. Responses of antioxidant enzymes, photosynthetic pigments and carbohydrates in micropropagated *Pitcairnia encholirioides* L.B. Sm. (Bromeliaceae) under *ex vitro* water deficit and after rehydration. **Brazilian Journal of Biology**, v. 79, n. 1, p. 53-62, 2018.

RIVERO, R.M.; SHULAEV, V.; BLUMWALD, E. Cytokinin-dependent photorespiration and the protection of photosynthesis during water deficit. **Plant Physiology**, v. 150, n. 3, p. 1530-1540, 2009.

SALATA, A.C.; HIGUTI, A.R.O.; GODOY, A.R.; MAGRO, F.O.; CARDOSO, A.I.I. Produção de abobrinha em função da idade das mudas. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 3, p. 511-515, 2011.

SALEHI-LISAR, S.Y.; BAKHSHAYESHAN-AGDAM, H. Drought stress in plants: causes, consequences, and tolerance. *In*: HOSSAIN, M.A.; WANI, S.H.; BHATTACHARJEE, S.; BURRITT, D.J.; TRAN, L.P. (ed.). **Drought stress tolerance in plants: physiology and biochemistry**. New York: Springer International Publishing, 2016. p. 1-16.

SÁNCHEZ-ROJO, S.; LÓPEZ-DELGADO, H.A.; MORA-HERRERA, M.E.; ALMEYDA-LEÓN, H.I.; ZAVALA-MANCERA, H.A.; ESPINOSA-VICTORIA, D. Salicylic acid protects potato plants from phytoplasma-associated stress and

improves tuber photosynthate assimilation. **American Journal of Potato Research**, v. 88, n. 2, p. 175-183, 2011.

SHAN, C.; WANG, Y. Exogenous salicylic acid-induced nitric oxide regulates leaf water condition through root osmoregulation of maize seedlings under drought stress. **Brazilian Journal of Botany**, v. 40, n. 2, p. 591-597, 2017.

SHARMA, M.; GUPTA, S.K.; MAJUMDER, B.; MAURYA, V.K.; DEEBA, F.; ALAM, A.; PANDEY, V. Salicylic acid mediated growth, physiological and proteomic responses in two wheat varieties under drought stress. **Journal of Proteomics**, v. 163, p. 28-51, 2017.

SHEN, C.; HU, Y.; DU, X.; LI, T.; TANG, H.; WU, J. Salicylic acid induces physiological and biochemical changes in *Torreya grandis* cv. Merrillii seedlings under drought stress. **Trees**, v. 28, n. 4, p. 961-970, 2014.

SHENG, H.; ZENG, J.; YAN, F.; WANG, X.; WANG, Y.; KANG, H.; FAN, X.; SHA, L.; ZHANG, H.; ZHOU, Y. Effect of exogenous salicylic acid on manganese toxicity, mineral nutrients translocation and antioxidative system in polish wheat (*Triticum polonicum* L.). **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 37, n. 32, p. 1-11, 2015.

SIGNORELLI, S.; CORPAS, F.J.; BORSANI, O.; BARROSO, J.B.; MONZA, J. Water stress induces a differential and spatially distributed nitro-oxidative stress response in roots and leaves of *Lotus japonicus*. **Plant Science**, v. 201-202, p. 137-146, 2013.

SILVA, A.C.; SUASSUNA, J.F.; MELO, A.S.; COSTA, R.R.; ANDRADE, W.L.; SILVA, D.C. Salicylic acid as attenuator of drought stress on germination and initial development of sesame. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, n. 3, p. 156-162, 2017.

SILVA, F.A.S. ASSISTAT - Software: statistical assistance. Versão 7.7 beta. 2016.

SILVA, J.E.S.B.; MATIAS, J.R.; GUIRRA, K.S.; ARAGÃO, C.A.; ARAÚJO, G.G.L.; DANTAS, B.F. Development of seedlings of watermelon cv. Crimson Sweet irrigated with biosaline water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 9, p. 835-840, 2015.

SILVA-MATOS, R.R.S.; ALBANO F.G.; CAVALCANTE, I.H.L.; PESSOA NETO, J.A.; SILVA, R.L.; OLIVEIRA, I.V.M.; CARVALHO, C.I.F.S. Desenvolvimento inicial de mudas de melancia cv. Crimson Sweet em função de doses de boro aplicadas na semente. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 40, n. 4, p. 728-735, 2017.

SILVENTE, S.; SOBOLEV, A.P.; LARA, M. Metabolite adjustments in drought tolerant and sensitive soybean genotypes in response to water stress. **Plos One**, v. 7, n. 6, e38554, 2012.

SOARES, F.C.; MELLO, R.P.; PEITER, M.X.; BELLE, R.A.; ROBAINA, A.D.; VIVAN, G.A.; PARIZI, A.R. Consumo de água pela cultura do lírio, cultivado em substratos alternativos em condições de ambiente protegido. **Revista Ciência Rural**, v. 42, n. 6, p. 1001-1006, 2012.

SOUZA, C.C.; OLIVEIRA, F.A.; SILVA, I.F.; AMORIM NETO, M.S. Avaliação de métodos de determinação de água disponível e manejo da irrigação em terra roxa sob cultivo de algodoeiro herbáceo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 4, n. 3, p. 338-342, 2000.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I.M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888 p.

TALBI, S.; ROMERO-PUERTAS, M.C.; HERNÁNDEZ, A.; TERRÓN, L.; FERCHICHI, A.; SANDALIO, L.M. Drought tolerance in a Saharian plant *Oudneya africana*: role of antioxidant defenses. **Environmental and Experimental Botany**, v. 111, p. 114-126, 2015.

VAN HANDEL, E. Direct microdetermination of sucrose. **Analytical Biochemistry**, v. 22, n. 2, p. 280-283, 1968.

VERMA, V.; RAVINDRAN, P.; KUMAR, P.P. Plant hormone-mediated regulation of stress responses. **BMC Plant Biology**, v. 16, n. 1, p. 1-10, 2016.

WANG, F.; WANG, C.; ZOU, T.; XU, N.; SUN, X. Comparative transcriptional profiling of *Gracilaria lemaneiformis* in response to salicylic acid- and methyl jasmonate-mediated heat resistance. **Plos One**, v. 12, n. 5, e0176531, 2017.

WU, H.-H.; ZOU, Y.-N.; RAHMAN, M.M.; NI, Q.-D.; WU, Q.-S. Mycorrhizas alter sucrose and proline metabolism in trifoliolate orange exposed to drought stress. **Scientific Reports**, v. 7, n. 1, p. 1-10, 2017.

YEMM, E.; WILLIS, A. The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. **Biochemical Journal**, v. 57, n. 3, p. 508-514, 1954.

YEMM, E.M.; COCKING, E.C. Estimation of amino acids by ninhidrin. **Analyst**, v. 80, n. 948, p. 209-213, 1955.

YI, X.-P.; ZHANG, Y.-L.; YAO, H.-S.; LUO, H.-H.; GOU, L.; CHOW, W.S.; ZHANG, W.-F. Rapid recovery of photosynthetic rate following soil water deficit and re-watering in cotton plants (*Gossypium herbaceum* L.) is related to the stability of the photosystems. **Journal of Plant Physiology**, v. 194, p. 23-34, 2016.

YING, Y.; YUE, Y.; HUANG, X.; WANG, H.; MEI, L.; YU, W.; ZHENG, B.; WU, J. Salicylic acid induces physiological and biochemical changes in three Red bayberry (*Myrica rubra*) genotypes under water stress. **Plant Growth Regulation**, v. 71, n. 2, p. 181-189, 2013.

YU, B.; LI, W. Comparative profiling of membrane lipids during water stress in *Thellungiella salsuginea* and its relative *Arabidopsis thaliana*. **Phytochemistry**, v. 108, p. 77-86, 2014.

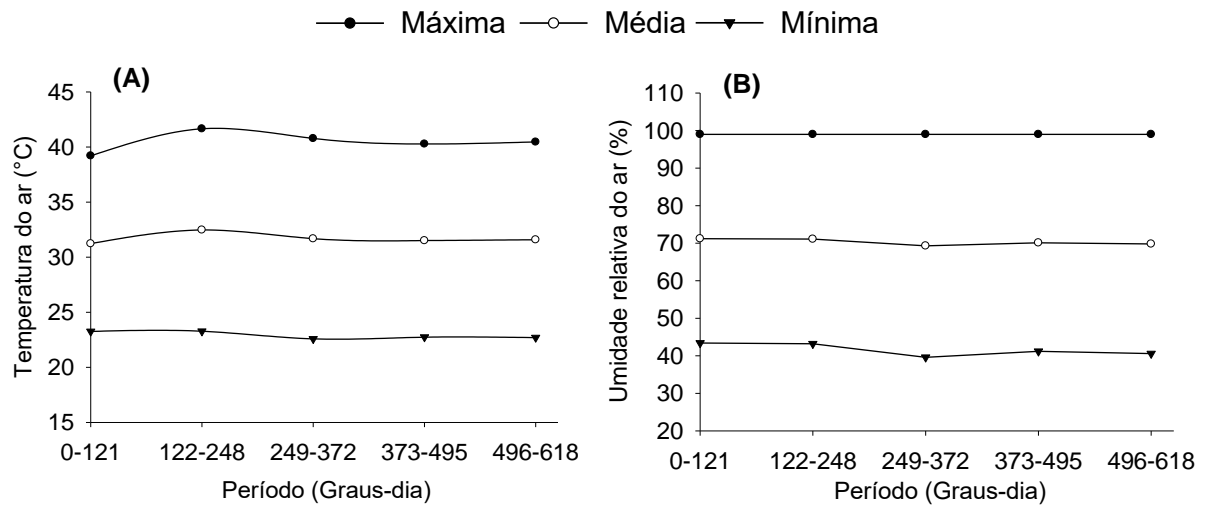
ZHANG, Y.; XU, S.; YANG, S.; CHEN, Y. Salicylic acid alleviates cadmium-induced inhibition of growth and photosynthesis through upregulating antioxidant defense

system in two melon cultivars (*Cucumis melo* L.). **Protoplasma**, v. 252, n. 3, p. 911-924, 2015.

APÊNDICES



Apêndice 1 Vista panorâmica da estufa utilizada para a condução experimental. Teresina, PI, 2019.



Apêndice 2 Valores médios de temperatura (A) e umidade relativa (B) nos intervalos de cinco dias, registrados na estufa durante a condução do experimento em função do período de graus-dia acumulados. Teresina, PI, 2019.



Apêndice 3 Experimento com mudas de melancia submetidas a estresse hídrico e aplicação de ácido salicílico. Teresina, PI, 2019.



Apêndice 4 Irrigação das mudas de melancia submetidas a estresse hídrico e aplicação de ácido salicílico. Teresina, PI, 2019.