

## CRESCIMENTO DE MINI MELANCIA EM AMBIENTE PROTEGIDO UTILIZANDO SOLUÇÕES SALINIZADAS ENRIQUECIDAS COM POTÁSSIO E CÁLCIO<sup>1</sup>

**ALINE DA SILVA ALVES<sup>2</sup>; FRANCISCO DE ASSIS DE OLIVEIRA<sup>3</sup>; MYCHELLE KARLA TEIXEIRA DE OLIVEIRA<sup>3</sup>; FRANCISCO FELIPE BARROSO PINTO<sup>4</sup>; MÁRIO JONAS VERAS COSTA<sup>4</sup> E CARLOS EDUARDO ALVES DE OLIVEIRA<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> Parte da Tese de Doutorado da primeira autora apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água Ciências do Solo da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA))

<sup>2</sup> Doutoranda em Manejo de Solo e Água, Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), 59.625-900, Mossoró, RN, Brasil. E-mail: [tidaline@gmail.com](mailto:tidaline@gmail.com)

<sup>3</sup> Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água, Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), 59.625-900, Mossoró, RN, Brasil. E-mail: [thikaoamigao@ufersa.edu.br](mailto:thikaoamigao@ufersa.edu.br); [mymykar@gmail.com](mailto:mymykar@gmail.com).

<sup>4</sup> Graduando em Agronomia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), 59.625-900, Mossoró, RN, Brasil. E-mail: [fellipebarropinto160@gmail.com](mailto:fellipebarropinto160@gmail.com); [mariojonasefa@hotmail.com](mailto:mariojonasefa@hotmail.com); [eduardoalveso21@hotmail.com](mailto:eduardoalveso21@hotmail.com)

### 1 RESUMO

A adequada nutrição com potássio e cálcio pode reduzir o estresse salino nas plantas. Objetivou-se avaliar o efeito de concentrações de K e Ca como estratégia para a redução do estresse salino na cultura da mini melancia, cv. Sugar Baby. Utilizou-se o delineamento de blocos casualizados, com 6 tratamentos [S1 –solução nutritiva padrão, 0,5 dS m<sup>-1</sup> (SNP), S2 – SNP + NaCl (5,0 dS m<sup>-1</sup>), S3 – S2 + 50% K, S4 – S2+ 100% K, S5 – S2 + 50% Ca e S6 – S2 + 100% Ca], com quatro repetições. Foram avaliadas as seguintes variáveis: altura de plantas, diâmetro do caule, número de folhas, área foliar, razão de área foliar, massas secas de folhas, caule, frutos e total, partição de massa seca e índice de redução de biomassa. A salinidade reduz o crescimento e o desenvolvimento da mini melancia. A suplementação de K em 50% (S3) reduziu o efeito do estresse salino sobre a área foliar e a massa seca de caule. A adição extra de Ca em 100% aliviou o estresse salino e aumenta a partição de fotoassimilados para frutos. Concentrações excessivas de K em solução nutritiva salinizada reduziu a tolerância da mini melancia, cv. Sugar Baby, ao estresse salino.

**Keywords:** *Citrullus lanatus*, fertirrigação, estresse salino, nutrição potássica, nutrição cálcica.

**ALVES, A. S.; OLIVEIRA, F. A.; OLIVEIRA, M. K. T.; PINTO, F. F. B.; COSTA, M. J. V.; OLIVEIRA, C. E. A.**

**GROWTH OF MINI WATERMELON IN A PROTECTED ENVIRONMENT USING SALINIZED SOLUTIONS ENRICHED WITH POTASSIUM AND CALCIUM**

### 2 ABSTRACT

Adequate nutrition with potassium and calcium can reduce salt stress in plants. The objective was to evaluate the effect of K and Ca concentrations as a strategy for reducing salt stress in mini watermelon, cv. Sugar Baby. A randomized block design was used, with 6 treatments [S1 – standard nutrient solution, 0.5 dS m<sup>-1</sup> (SNP), S2 – SNP + NaCl (5.0 dS m<sup>-1</sup>), S3 – S2 + 50 %

K, S4 – S2+ 100% K, S5 – S2 + 50% Ca and S6 – S2 + 100% Ca], with four repetitions. The following variables were evaluated: plant height, stem diameter, number of leaves, leaf area, leaf area ratio, dry masses of leaves, stem, fruits and total, dry mass partition and biomass reduction index. Salinity reduces the growth and development of the mini watermelon. K supplementation at 50% (S3) reduced the effect of saline stress on leaf area and stem dry mass. The addition of 100% extra Ca alleviated salt stress and increased the partitioning of photoassimilated to fruits. Excessive concentrations of K in saline nutrient solution reduced the tolerance of mini watermelon, cv. Sugar Baby, to salt stress.

**Keywords:** *Citrullus lanatus*, fertigation, saline stress, potassium nutrition, calcium nutrition.

### 3 INTRODUÇÃO

A melancia (*Citrullus lanatus*) é uma olerícola pertencente à família das Cucurbitáceas, originária das regiões quentes e secas da África. É tradicionalmente cultivada em campo, em sistema rasteiro, com frutos grandes variando de 6 a 22 kg, possuindo grande importância econômica no mundo e no Brasil. Com a redução do número de indivíduos por família surgiu a demanda de mercado por frutos menores, conhecidos como “ice box” ou melancias de geladeira, seu peso menor, variando de 1,5 a 4 kg, atendem a um mercado consumidor exigente e de alto poder aquisitivo. Estes híbridos de mini melancia podem ainda proporcionar maior produtividade em função da possibilidade de maior adensamento, além do cultivo em sistema vertical (CAMPAGNOL; JUNQUEIRA; MELLO, 2012; SOUSA *et al.*, 2016; DIAS; SANTOS, 2019).

A mini melancia pode ser cultivada em substrato no sistema hidropônico, desde que se utilize água de elevada qualidade para seu cultivo, principalmente no tocante aos teores de sais dissolvidos. Estudos tem reportado alta sensibilidade de cultivares de mini melancia à salinidade, visto que esta pode ocasionar distúrbios no metabolismo e crescimento da planta, provocados pela redução do potencial osmótico, podendo proporcionar desbalanço nutricional, principalmente quanto à absorção de

potássio e cálcio em virtude do efeito antagônico destes nutrientes com o sódio (OLIVEIRA *et al.*, 2014; SILVA JUNIOR *et al.*, 2020).

O incremento de K e Ca na solução nutritiva em condições salinas ajuda na atenuação dos efeitos da salinidade, pois estes nutrientes interagem antagonicamente com íons tóxicos, como o Na<sup>+</sup>, atuando beneficemente no desenvolvimento das plantas. O potássio, entre outras funções, é ativador enzimático de diversas reações químicas além de influenciar em características químicas e físicas da cultura, e seu manejo adequado na fertilização é essencial para alcançar alta produtividade (OLIVEIRA *et al.*, 2014; OLIVEIRA *et al.*, 2021a, 2021b). Taiz *et al.* (2017) descrevem que a disponibilidade de cálcio é essencial para manter nos tecidos vegetais teores adequados de íons, além de atuar como atenuador dos efeitos nocivos da salinidade para as culturas.

Diversos estudos têm demonstrado que os efeitos nocivos da salinidade podem ser amenizados com estratégias de manejo que viabilizem o crescimento e desenvolvimento das plantas. Com o intuito de definir estratégias de redução dos efeitos da salinidade sobre as plantas, diversos autores relatam que o Ca atua beneficemente, limitando o impacto da salinidade no metabolismo e processo de amadurecimento de frutos (ATTARZADEH; AMINI, 2019).

Estudos realizados com nutrição potássica demonstraram que o K atua reduzindo a absorção do Na, melhorando significativamente o desenvolvimento de plantas, (CHAKRABORTY *et al.*, 2016). Larbi *et al.* (2020) estudando a amenização dos efeitos da salinidade sob plantas de oliveira, destacaram que o Ca e o K são recomendados para utilização em suplementação a fim de mitigar os efeitos nocivos da salinidade.

Diante do exposto, o objetivo da presente pesquisa foi avaliar a eficiência do enriquecimento nutricional com K e Ca como estratégia para amenizar os efeitos deletérios da salinidade sobre o crescimento mini melancia em ambiente protegido.

#### 4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no período de 31 de julho a 11 de outubro de 2019, em ambiente protegido pertencente ao Departamento de Ciências Agronômicas e Florestais (DCAF) da Universidade Federal

Rural do Semi-Árido (UFERSA), em Mossoró, RN, cuja localização geográfica é 5° 12' 04" de latitude sul e 37° 19' 39" de longitude oeste de Greenwich, com altitude média de 18 m.

O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados com 4 repetições, em que cada repetição foi composta de quatro plantas. Os tratamentos consistiram em 6 soluções nutritivas, sendo uma utilizando água de baixa salinidade (0,5 dS m<sup>-1</sup>) e cinco utilizando água salinizada com cloreto de sódio (5,0 dS m<sup>-1</sup>): S1 - solução nutritiva não salinizada recomendada por Campagnol, Junqueira e Mello (2012) para cada fase de desenvolvimento; S2 - solução nutritiva S1 salinizada com NaCl; S3 - S2 enriquecida com 50% de K; S4 - S2 enriquecida com 100% de K; S5 - S2 enriquecida com 50% de Ca; S6 - S2 enriquecida com 100% de K. Após o preparo as soluções nutritivas apresentaram as seguintes condutividades elétricas: 2,6; 7,1; 8,0; 8,5; 7,3 e 7,9 dS m<sup>-1</sup>, para S1, S2, S3, S4, S5 e S6, respectivamente (Tabela 1).

**Tabela 1.** Concentração de nutrientes para o preparo das soluções nutritivas utilizadas no experimento.

Nutrientes (g 1000 L <sup>-1</sup> )	Fase I					
	S1*	S2	S3	S4	S5	S6
Nitrogênio	130,6	130,6	130,6	130,6	130,6	130,6
Fósforo	74,4	74,4	74,4	74,4	74,4	74,4
Potássio	81,3	81,3	121,9	162,6	81,3	81,3
Cálcio	94	94	94	94	141	188
Magnésio	21,9	21,9	21,9	21,9	21,9	21,9
Enxofre	27,6	27,6	27,6	27,6	27,6	27,6
Fase II						
Nitrogênio	130,6*	130,6	130,6	130,6	130,6	130,6
Fósforo	74,4	74,4	74,4	74,4	74,4	74,4
Potássio	122,3	122,3	183,4	244,6	122,3	122,3
Cálcio	94	94	94	94	141	188
Magnésio	21,9	21,9	21,9	21,9	21,9	21,9
Enxofre	45,4	45,4	45,4	45,4	45,4	45,4
Fase III						
Nitrogênio	179,7*	179,7	179,7	179,7	179,7	179,7
Fósforo	55,5	55,5	55,5	55,5	55,5	55,5
Potássio	159,9	159,9	239,8	319,8	159,9	159,9
Cálcio	80	80	80	80	120	160
Magnésio	44,2	44,2	44,2	44,2	44,2	44,2
Enxofre	55,8	55,8	55,8	55,8	55,8	55,8

\* (CAMPAGNOL; JUNQUEIRA; MELLO, 2012).

Fonte: Autores (2024).

A água utilizada para o preparo das soluções foi obtida do abastecimento da UFERSA e a salinização se deu pelo acréscimo de NaCl. Os micronutrientes foram adicionados utilizando Rexolin Q48 (Fe 6%) e Rexolin BRA micronutrientes (11,6% de óxido de potássio, 1,28% de enxofre, 0,86% de magnésio, 2,1% de boro, 2,66% de ferro, 0,36% de cobre, 2,48% de manganês, 0,036% de molibdênio, 3,38% de zinco) segundo orientações do fabricante, 30 g para 1.000 L de solução nutritiva

A semeadura da mini melancia, cv. Sugar Baby, foi realizada diretamente, colocando-se cinco sementes em cada vasos.

Aos 10 dias após a emergência realizou-se o desbaste deixando em cada vaso a plântula mais vigorosa. O vaso possuía capacidade de 12 dm<sup>3</sup>, com dimensões de 0,33 m de altura, 0,30 m de diâmetro superior e 0,20 m de diâmetro inferior, contendo substrato composto por fibra de coco e areia lavada na proporção de 1:1. No fundo do vaso foi colocado um sistema de drenagem composto por uma camada 2.0 cm de brita e uma manta de bidim.

O espaçamento utilizado foi de 0,45 m entre plantas e 1,20 m entre fileiras de plantas. Ao longo de cada fileira de plantas foram instaladas espaldeiras com estacas de

madeira e fios de aço inoxidável para proporcionar o desenvolvimento dos ramos em sentido vertical e auxiliar no tutoramento, que foi feito com o auxílio de fitilhos de plástico. A planta foi conduzida em haste única com um fruto por planta na haste principal, fazendo-se a desbrota ao longo do ciclo conforme a necessidade.

A polinização foi realizada manualmente, sempre nas primeiras horas da manhã, tendo em vista que os grãos de pólen têm sua viabilidade diminuída no decorrer do dia (ABREU *et al.*, 2008). Quando garantida a fixação dos frutos na posição desejada (entre 8 e o 14 internódio), realizou-se um raleio, deixando apenas um fruto por planta. Os frutos fixados, quando atingiram aproximadamente 4,0 cm de diâmetro, foram sustentados através de redes (sacolas) de nylon, que foram amarradas nos arames horizontais que seguiam acima da linha de plantio (CAMPAGNOL; JUNQUEIRA; MELLO, 2012).

Cada solução nutritiva foi distribuída por um sistema de irrigação independente, constituído de um conjunto motobomba (0,5 cv), linhas de distribuição de polietileno (16 mm) e emissores do tipo microtubo (espaguetes), com vazão média de 7,0 L h<sup>-1</sup>.

O controle da irrigação foi realizado por um temporizador digital, variando a frequência e a duração de cada evento de irrigação ao longo do experimento. Na primeira fase de desenvolvimento da cultura as fertirrigações ocorreram 5 vezes ao dia, com duração de 1 minuto. Na segunda fase ocorreram 7 vezes ao dia, com duração de 2 minutos, e na terceira fase de desenvolvimento da cultura, 4 vezes ao dia com duração de 1 minuto.

Ao longo do experimento foram realizadas análises de crescimento das plantas de forma não destrutivas, aos 30, 37, 44 e 51 dias após a semeadura (DAS), onde foram avaliadas as seguintes variáveis: altura de plantas, medida com trena graduada na haste principal rente ao substrato até a gema apical; diâmetro do

caule, medido com paquímetro digital na haste principal 1,0 cm acima do substrato; número de folhas, verificado por contagem sucessiva de todas as folhas completamente expandidas; área foliar, estimada a partir de modelo matemático utilizando valores médios de comprimento (C) e largura (L), medindo-se três folhas por planta, eq. 1 (SILVA JÚNIOR *et al.*, 2017).

$$AF = C \times L \times 0,75 \quad (1)$$

AF – área foliar, cm<sup>2</sup> planta<sup>-1</sup>;  
C – comprimento do limbo foliar, cm;  
L – largura do limbo foliar, cm.

Aos 75 DAS, as plantas foram colhidas, suas partes foram separadas em folhas, hastes e frutos, sendo em seguida pesadas para determinação de suas respectivas massas frescas.

Nesta fase também foi determinada a área foliar através da metodologia dos discos (BENICASA, 2004), eq. 2.

$$AF = \frac{(MSF \times AD)}{MSD} \quad (2)$$

Onde:

AF – área foliar, cm<sup>2</sup> planta<sup>-1</sup>;  
MSF – massa seca de folha, g planta<sup>-1</sup>;  
MSD – massa seca de disco, g;  
AD – área de disco, cm<sup>2</sup>.

As amostras de folhas, caules e frutos foram postos para secagem em estufa com circulação forçada de ar, em 65 °C até peso constante, e, após desidratadas, foram mensuradas as massas secas de folhas, caule, frutos e total.

Com os dados de produção de matéria seca total, foram calculadas as percentagens particionadas entre os órgãos vegetativos e o índice de redução de produção de biomassa (IR), comparando-se os dados dos tratamentos salinos com o controle (S1), usando-se da Eq. 3 (FAGERIA; BALIGAR; JONES, 2010).

$$IR(\%) = \frac{(PBMTc - PBMTs)}{PBMTc} \times 100 \quad (3)$$

Onde:

PBMTc- produção de biomassa do tratamento controle;

PBMTs- produção de biomassa do tratamento salino.

A classificação quanto à tolerância à salinidade se deu de acordo com os seguintes intervalos de redução relativa da matéria seca total: tolerante, zero a 20%; moderadamente tolerante, 21 a 40%; moderadamente suscetível, 41 a 60% e suscetível, acima de 60% (FAGERIA; BALIGAR; JONES, 2010).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e médias comparadas

pelo Teste de Tukey a 5% utilizando o software SISVAR (FERREIRA, 2014).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise estatística dos dados revelou que houve efeito significativo das soluções nutritivas (SN) sobre a variável altura de plantas nas avaliações realizadas aos 44 DAS ( $p < 0,05$ ) e 75 DAS ( $p < 0,01$ ), para as demais avaliações não houve efeito significativo. As variáveis diâmetro do caule (75 DAS) e número de folhas (44 DAS) foram afetadas pela SN ( $p < 0,05$ ). A área foliar apresentou resposta significativa às soluções nutritivas em todas as avaliações, em níveis de significância de 5% aos 51 DAS e 1% de probabilidade nas demais avaliações (Tabela 2).

**Tabela 2.** Resumo da análise de variância (quadrados médios) para altura de plantas, diâmetro de caule, número de folhas e área foliar de mini melancia cultivada em ambiente protegido e fertirrigada com soluções nutritivas salinizadas e enriquecidas com potássio e cálcio.

Fonte de variação	GL	Quadrados médios				
		30 DAS	37 DAS	44 DAS	51 DAS	75 DAS
Altura de plantas						
Solução nutritiva	5	169,71 <sup>ns</sup>	950,24 <sup>ns</sup>	1450,15*	1586,05 <sup>ns</sup>	3076,25**
Repetição	3	39,77 <sup>ns</sup>	35,84 <sup>ns</sup>	230,11 <sup>ns</sup>	293,99 <sup>ns</sup>	494,11 <sup>ns</sup>
Erro	15	190,02	356,98	683,47	346,71	541,19
CV (%)		12,13	9,67	11,21	7,79	8,68
Diâmetro de caule						
Solução nutritiva	5	0,1391 <sup>ns</sup>	0,2261 <sup>ns</sup>	0,8160 <sup>ns</sup>	1,2200 <sup>ns</sup>	4,6339*
Repetição	3	0,2438 <sup>ns</sup>	0,1599 <sup>ns</sup>	1,0061 <sup>ns</sup>	0,5458 <sup>ns</sup>	0,2076 <sup>ns</sup>
Erro	15	0,3381	0,3621	0,9257	1,3486	1,2109
CV (%)		11,21	9,74	14,90	17,31	13,67
Número de folhas						
Solução nutritiva	5	1,8787 <sup>ns</sup>	9,1669 <sup>ns</sup>	53,1834*	23,8943 <sup>ns</sup>	26,3503 <sup>ns</sup>
Repetição	3	2,0979 <sup>ns</sup>	4,3498 <sup>ns</sup>	7,8835 <sup>ns</sup>	16,5406 <sup>ns</sup>	18,2777 <sup>ns</sup>
Erro	15	2,0998	5,1116	13,0461	11,4753	12,6489
CV (%)		8,27	8,32	9,56	7,45	7,45
Área foliar						
Solução nutritiva	5	606430,3**	2307023,3**	346131,9**	3924735,3*	6608890,2**
Repetição	3	47356,6 <sup>ns</sup>	85395,7 <sup>ns</sup>	142437,1 <sup>ns</sup>	558010,2 <sup>ns</sup>	134048,5 <sup>ns</sup>
Erro	15	82476,1	214718,9	759226,2	880706,7	316282,2
CV (%)		19,49	15,11	20,32	17,18	16,24

\*- Significativo a 5% de significância, \*\* -Significativo a 1% de significância, ns - não significativo pelo teste F.  
**Fonte:** Autores (2024).

A altura de plantas reduziu com a adição de NaCl na solução nutritiva (S2) aos 37 DAS. Nesta avaliação, a adição extra de K e Ca, independentemente da dose, reduziu o efeito da salinidade. Aos 51 DAS também ocorreu redução na altura das plantas em resposta à salinidade, entretanto este efeito foi reduzido quando adicionou-se na solução nutritiva salinizada K em 100% (S4) e Ca (S5 e S6). Na última época de avaliação o efeito da salinidade sobre a altura da planta foi mais evidente devido ao maior acúmulo de sais no substrato. Neste caso a solução

enriquecida com K (S3 e S4) e Ca em 50% (S5) foram eficientes para reduzir significativamente o efeito do estresse salino sobre esta variável (Figura 1A).

Resultado semelhante foi obtido por Martins *et al.* (2013) trabalhando com melancia, cv Congo, os quais obtiveram redução de 50% na altura da haste principal nas condições de salinidade. Sousa *et al.* (2016), estudando o desenvolvimento inicial de mini melancia sob salinidade, obtiveram resultados semelhantes, o qual a salinidade afetou, negativamente, o comprimento dos

ramos de mini melancia, fato também observado por Silva Júnior *et al.* (2020) trabalhando com salinidade na produção de mudas de melancia.

Taiz *et al.* (2017) descrevem que a redução desta variável em condições de estresse salino está associada tanto à redução do crescimento vertical do caule quanto à morte das gemas axilares decorrentes das desordens fisiológicas, hormonais e nutricionais promovida pelos íons, dentre eles o  $\text{Na}^+$ .

O diâmetro do caule foi afetado pela salinidade apenas na última época de avaliação, na qual verificou-se que a adição de NaCl na solução nutritiva provocou redução de 27% (S2), em comparação com o diâmetro de caule observado nas plantas fertirrigadas com solução nutritiva padrão (S1). Verificou-se ainda que as adições extras de K (S3 e S4) ou Ca (S5 e S6) reduziram o efeito do estresse salino sobre esta variável, apesar de não diferir significativamente da solução (S2) (Figura 1B).

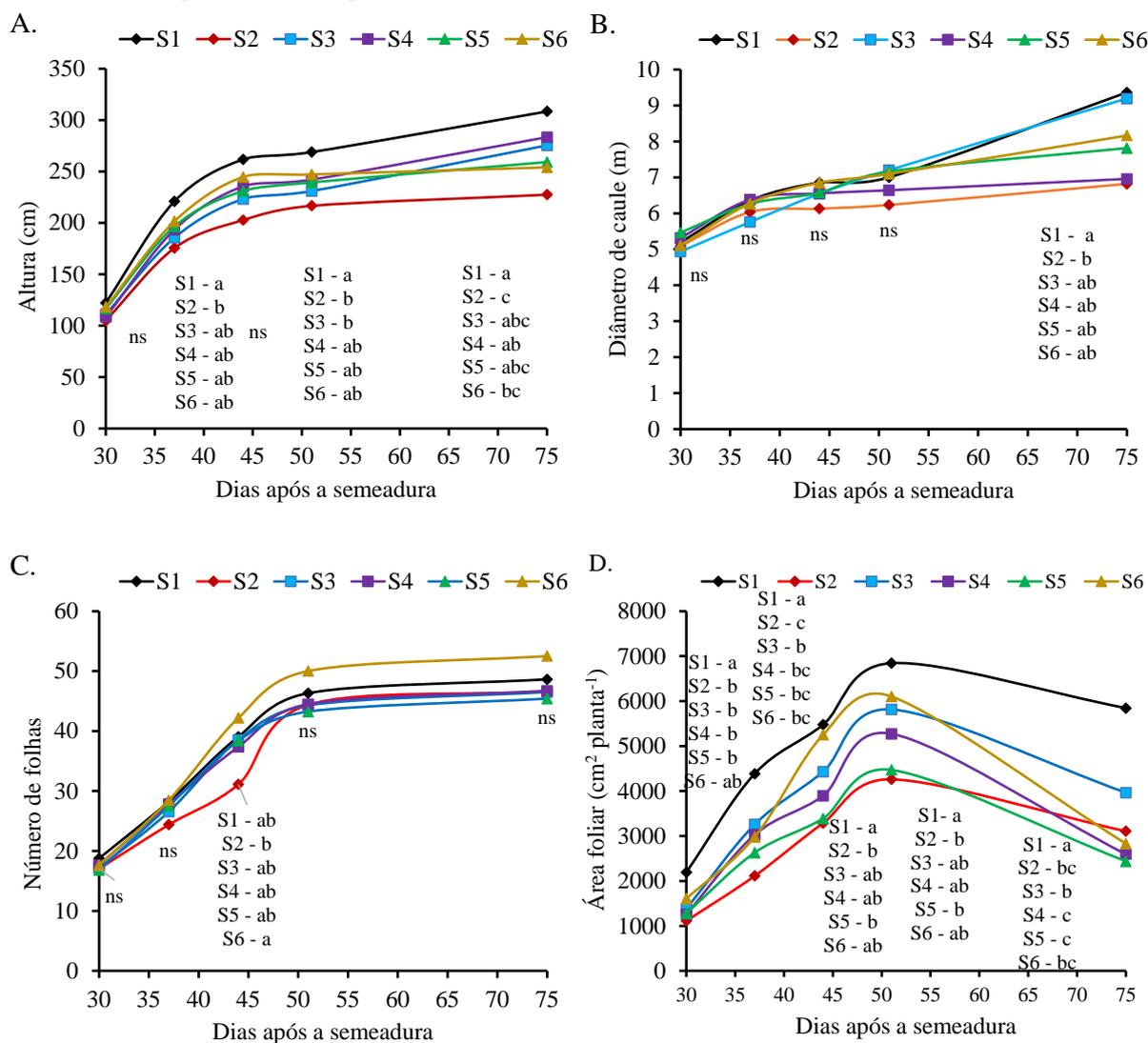
Redução do diâmetro de caule em melancieira em resposta ao estresse salino também foi observada por Silva Júnior *et al.* (2020) trabalhando com mudas de melancia. Albuquerque *et al.* (2016), trabalhando com cultivares de pepino, também verificaram que o diâmetro do caule foi severamente afetado pela salinidade da água de irrigação.

Não foi observado efeito das soluções sobre o número de folhas na maioria das épocas de avaliação, exceto aos 44 DAS, em que a adição de NaCl na solução nutritiva (S2) provocou redução no NF, apesar de não diferir significativamente da solução nutritiva padrão. Ocorreu diferença significativa apenas entre as soluções S2 e S6, sendo o maior NF obtido na solução salinizada e enriquecida com 100% de Ca (S6), diferindo estatisticamente da S2 e, não diferindo das demais soluções (Figura 1C).

De acordo com Tester e Davenport (2003) as plantas utilizam, como estratégia de adaptação para a condição de estresse, a redução do número de folhas, considerando o efeito osmótico dos sais na zona radicular, assemelhando-se assim a condições de escassez hídrica, e a redução do número de folhas, reduz, por conseguinte, a transpiração.

Efeitos negativos sob o número de folhas de mini melancia foi observado por Sousa *et al.* (2016) trabalhando com a cultivar Smile. Os autores constataram reduções no número de folhas ocasionado pela salinidade. Albuquerque *et al.* (2016) observaram redução linear no número de folhas observado no desenvolvimento inicial de pepino sob condições de estresse salino, comportamento este corroborado para cucurbitáceas.

**Figura 1.** Altura de plantas (A), diâmetro de caule (B), número de folhas (C) e área foliar (D) de mini melancia cultivada em ambiente protegido utilizando soluções salinizadas e enriquecidas com potássio e cálcio.



(Solução nutritiva padrão (S1); solução nutritiva salinizada (S2); solução nutritiva salinizada + 50% de K (S3); solução nutritiva salinizada + 100% de K (S4); solução nutritiva salinizada + 50% de Ca (S5) e solução nutritiva salinizada + 100% de Ca (S6)). \*Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, em cada época de avaliação.

**Fonte:** Autores (2024).

De forma geral, verificou-se que a salinidade não afetou o número de folhas na maioria das épocas de avaliação. Este fato pode ter ocorrido devido as desbrotas realizadas ao longo do ciclo, evitando que as plantas apresentassem maior desenvolvimento vegetativo.

A adição de NaCl na solução nutritiva (S2) proporcionou redução na área

foliar da mini melancia em todas as épocas de avaliação, ocorrendo reduções de 49, 52, 40, 38 e 47%, ao 30, 37, 44, 51 e 75 dias após a semeadura, respectivamente (Figura 1D). Além disso, verificou-se ainda que em a adição extra de K ou Ca reduziu o efeito da salinidade sobre a expansão do limbo foliar, evidenciando que a adequada nutrição com esses nutrientes pode ser uma alternativa

viável para reduzir o estresse salino, ajudando na superação da toxicidade de íons específicos, especialmente o  $\text{Na}^+$  (GRATTAN; GRIEVE, 1999).

Apesar da suplementação nutricional, a concentração e sais na solução reduziu o desenvolvimento foliar da cultura, em função do potencial osmótico, que se relaciona de forma inversa com a concentração de sais, de modo que, à medida que os sais se concentram na solução aplicada ao substrato o potencial osmótico torna-se mais negativo, o que reduz o fluxo de água para a planta, promovendo o surgimento de sinais de estresse hídrico e mantendo a água no substrato (TAIZ *et al.*, 2017). Sousa *et al.* (2016) avaliando mini melancia irrigada com água salina observaram reduções de cerca de 13,7% na área foliar da cultura quando irrigada com água de salinidade superior a  $1,5 \text{ dS m}^{-1}$ .

Outros estudos têm mostrado que a área foliar é a variável mais afetada pelo estresse salino em várias culturas (MARTINS *et al.*, 2013; SILVA JÚNIOR *et al.*, 2020; LIMA *et al.*, 2020). A redução na

área foliar constitui uma das respostas iniciais da planta ao estresse salino e tem sido atribuída à diminuição na divisão celular e expansão da superfície da folha. Essa resposta é um mecanismo adaptativo de plantas cultivadas em condições de salinidade, pois a redução da transpiração e, conseqüentemente, redução na absorção de Na e Cl resulta na conservação de água em tecidos vegetais (TAIZ *et al.*, 2017).

Considerando que a área foliar de uma planta depende diretamente do número e do tamanho das folhas, foi constatado no presente estudo que o efeito dos tratamentos aplicados foi mais evidente na expansão do limbo foliar do que sobre a emissão de novas folhas.

As soluções nutritivas afetaram significativamente as variáveis massa seca de folhas (MSF), massa seca de caule (MSC), massa seca de frutos (MSFR) e massa seca total (MST) ao nível de 1% de probabilidade, não ocorrendo resposta significativa ( $p > 0,05$ ) para a razão de área foliar (RAF) (Tabela 3).

**Tabela 3.** Resumo da análise de variância (quadrados médios) razão de área foliar (RAF), massa seca de folhas (MSF), massa seca de caule (MSC), massa seca de frutos (MSFR) e massa seca total (MST) de mini melancia cultivada em ambiente protegido e fertirrigada com soluções salinizadas e enriquecidas com potássio e cálcio.

Fonte de variação	GL	Quadrados médios				
		MSF	MSC	MSFR	MST	RAF
Solução	5	97,0042**	47,5598**	1307,133**	2304,964**	237,8229 <sup>ns</sup>
Repetição	3	3,6559 <sup>ns</sup>	2,0117 <sup>ns</sup>	7,3819 <sup>ns</sup>	26,9692 <sup>ns</sup>	21,7408 <sup>ns</sup>
Erro	15	5,6657	4,5504	57,9251	74,2275	111,3201
CV (%)		14,28	22,16	14,19	10,78	24,09

\*\* -Significativo a 1% de significância, ns - não significativo pelo teste F.

Fonte: Autores (2024).

A adição de NaCl na solução nutritiva (S2) provocou redução de 33% na massa seca de folhas, em comparação com os valores obtidos na solução nutritiva padrão (S1). Além disso, verificou-se que as adições extras de K (S3 e S4) e Ca (S5 e S6),

não promoveram maior tolerância da cultura ao estresse salino (Figura 2A).

Por outro lado, a adição extra de Ca em 50% (S5) potencializou o efeito do estresse salino, provocando redução de 56%, também em comparação com a solução S1. O déficit de água causado pela salinidade

pode limitar não só o crescimento, mas também o número de folhas e seu crescimento (Figura 2A).

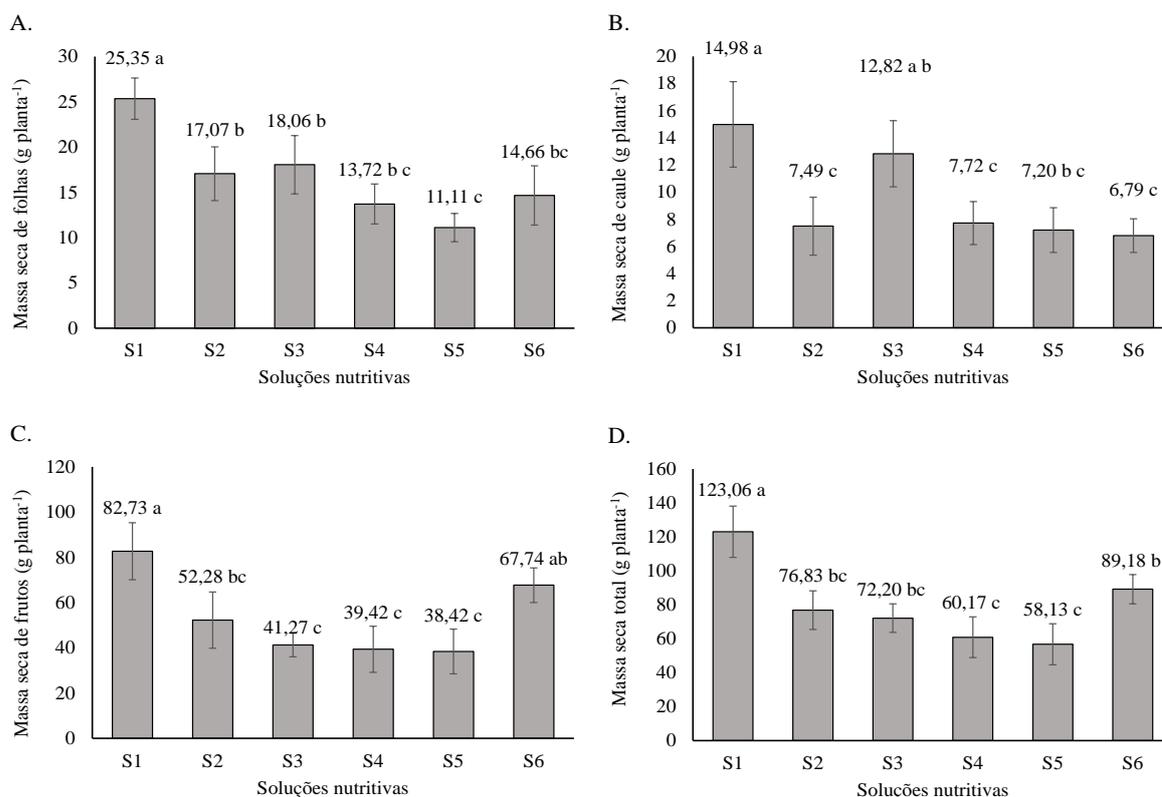
Martins *et al.* (2013) estudando desenvolvimento inicial de cultivares de melancia sob estresse salino observaram efeitos negativos da salinidade sob a massa seca de folhas, com reduções da ordem de 74,1% na cultivar Crimson Sweet. Outros autores relatam a redução da massa seca de folhas ocasionados pela salinidade em espécies da família das cucurbitáceas (OLIVEIRA *et al.*, 2014; ALBUQUERQUE *et al.*, 2016; ARAÚJO *et al.* 2016).

Estudos que evidenciam que a redução do desenvolvimento do caule em cucurbitáceas remonta aos efeitos tóxicos do íon  $\text{Na}^+$ , que por sua vez desencadeia uma

série de alterações morfofisiológicas, e como resposta a planta tem seu desenvolvimento retardado. Como efeito do estresse salino as plantas tendem a acumular os sais tóxicos no caule, o que prejudica seu desenvolvimento, para preservar regiões sensíveis como as folhas (ALBUQUERQUE *et al.*, 2016; MARTINS *et al.*, 2013).

Efeitos deletérios da salinidade foram observados por Martins *et al.* (2013), onde os autores observaram reduções de 68,2 e 40% na massa seca do caule das cultivares de melancia Crimson Sweet e Charleston. Com cultivares de meloeiro, Araújo *et al.* (2016) obtiveram redução média de 37% no acúmulo de massa seca na parte aérea da cultura.

**Figura 2.** Massa seca de folhas (A), massa seca de caule (B), massa seca de frutos (C) massa seca total (D) e razão de área foliar (E) de mini melancia cultivada em ambiente protegido utilizando soluções salinizadas e enriquecidas com potássio e cálcio



(Solução nutritiva padrão (S1); solução nutritiva salinizada (S2); solução nutritiva salinizada + 50% de K (S3); solução nutritiva salinizada + 100% de K (S4); solução nutritiva salinizada + 50% de Ca (S5) e solução nutritiva salinizada + 100% de Ca (S6)). \*Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, em cada época de avaliação.

**Fonte:** Autores (2024).

Para a variável massa seca de frutos (MSFR), verificou-se que a salinidade da solução nutritiva na S2 provocou redução de 37%, comparando-se com a MSFR obtida na solução nutritiva padrão (S1). Além disso, verificou-se que a adição de K (S3 e S4), e de Ca em 50% (S5) aumentaram o efeito deletério do estresse salino sobre a MSFR. No entanto, a adição extra de Ca em 100% (S6) notou-se incremento de 29% na MSFR, se comparadas a S2, não diferindo, portanto, da S1. Desta forma, verificou-se que a adição extra de Ca em 100% proporcionou redução do efeito deletério do estresse salino (Figura 2C).

Essa resposta positiva da adição de Ca em solução salinizada sobre a MSFR, deve-se, em parte, as importantes funções deste nutriente nas plantas. Entre outras funções, o cálcio atua como elemento estrutural, na proteção das membranas e paredes celulares, assim como na sinalização de resposta às condições de estresse biótico ou abióticos. Estudos de Manishakar *et al.* (2018) relatam a importância deste nutriente para a proteção das culturas e atuação dele em reações bioquímicas que amenizam o efeito da salinidade.

Por outro lado, verificou-se que a adição extra de K não foi eficiente para reduzir o efeito do estresse salino sobre a MSFR. Estes resultados corroboram, em parte, com os apresentados por Silva *et al.* (2020), os quais trabalhando com o mesmo genótipo utilizando neste trabalho, porém, cultivada em solo, não verificaram interação da adubação potássica no estresse salino sobre o desenvolvimento das plantas. Em estudo com meloeiro, Oliveira *et al.* (2021b) também não verificaram eficiência da nutrição potássica para amenizar o estresse salino.

Avaliando a massa seca total (MST), observou-se que o estresse salino (S2) provocou redução de 37% nesta variável, e que a adição extra de K em 100% (S4) e de Ca em 50% (S5) acentuou os efeitos da salinidade. Verificou-se ainda que, assim

como observado para a MSFR, a adição extra de Ca em 100% (S6) reduziu o efeito da salinidade, apesar de não diferir da solução S2. De forma geral, percebe-se que as respostas das variáveis MST e MSFR são semelhantes, o que pode ser explicado pelo fato de os frutos serem os drenos preferenciais dos fotoassimilados na cultura da melancia, o que representa cerca de 60% da massa total da planta (Figura 2D).

Com isto, verificou-se que a partição de foto assimilados observada no presente estudo é semelhante à verificada por outros autores em que os frutos são os drenos preferenciais. para melancia e bem como outros autores avaliando cucurbitáceas (SANTOS *et al.*, 2021; STRASSBURGER *et al.*, 2011; VIDIGAL; PUIATTI; SEDIYAMA, 2021).

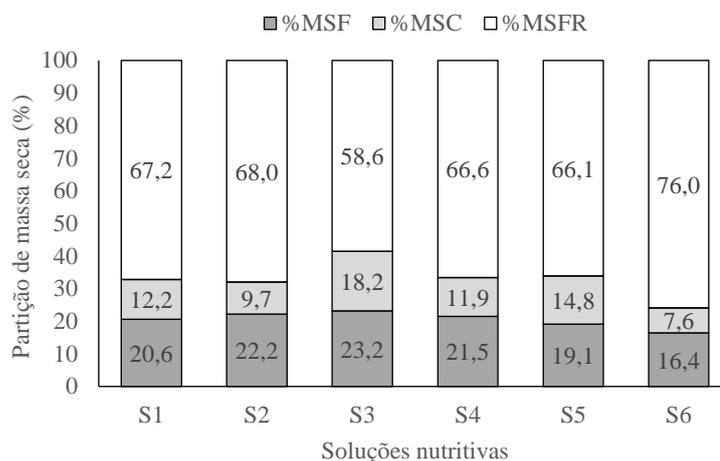
A RAF não foi afetada significativamente pelo estresse salino, nem adição extra de potássio e cálcio nas soluções salinizadas (Figura 2). Considerando que a RAF é obtida pela razão entre área foliar e a produção total de biomassa de uma planta, e que ambas as variáveis foram reduzidas pela salinidade, esses resultados obtidos pode ser um indicativo de que a salinidade não afetou eficiência fotossintética, visto que nessas condições não houve alteração no aproveitamento da área foliar fotossintetizante para a produção de matéria seca (BRIGHENTI *et al.*, 1993).

Porto Filho *et al.* (2006), trabalhando com a cultura do meloeiro, e Oliveira *et al.* (2014) trabalhando com cultivares de abóboras e morangas, verificaram redução na razão de área foliar em resposta ao estresse salino.

A partição de biomassa entre as diferentes partes da planta analisadas não foi afetada pelos tratamentos aplicados ocorrendo, em média, considerando os tratamentos com solução salina (S2, S3, S4, S5 e S6), uma distribuição da massa seca em 20,49% para folha, 12,44% para caule e 67,06% para fruto. Estes resultados estão

próximos à distribuição de biomassa observada na solução nutritiva padrão (S1) (Figura 3).

**Figura 3.** Partição de massa seca em mini melancia cultivada em ambiente protegido utilizando soluções salinizadas e enriquecidas com potássio e cálcio.



MSF – massa seca de folhas, MSC – massa seca de caule, MSFR – massa seca de frutos

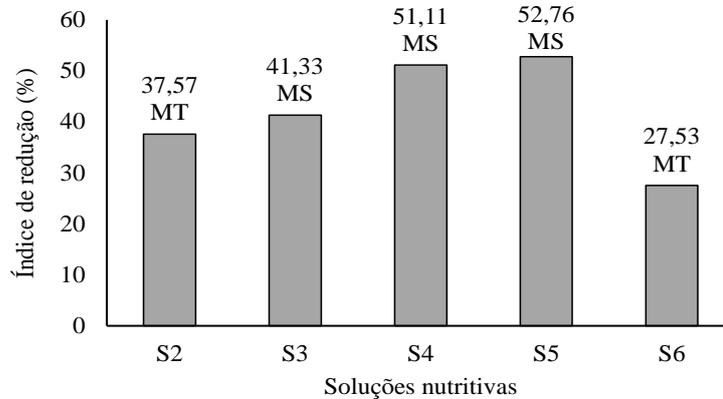
Fonte: Autores (2024).

Esta porcentagem de fotoassimilados nos frutos está próxima às observadas por outros autores trabalhando com mini melancia (MARQUES *et al.*, 2016), os quais observaram 72%, bem como em melancia convencional (BRAGA *et al.*, 2011), em que obtiveram em torno de 65% de fotoassimilados exportados para os frutos.

Analisando o índice de tolerância de mini melancia, verificou-se que a mesma se apresentou como moderadamente tolerante (MT) à salinidade de 5,0 dS m<sup>-1</sup> da água

utilizada no preparo da solução nutritiva (7,1 dS m<sup>-1</sup> da solução nutritiva). A adição extra de K em 50% (S3) e 100% (S4), bem como a adição extra de Ca em 50% (S5) aumentou o efeito deletério da salinidade, de forma que a cultura foi classificada como moderadamente sensível à salinidade (MS). Por outro lado, a adição extra de Ca em 100% (S6) não promoveu o aumento do efeito da salinidade, equiparando-se assim à S2 (Figura 4).

**Figura 4.** Índice de redução relativa de produção de massa seca em mini melancia cultivada em ambiente protegido utilizando soluções salinizadas e enriquecidas com potássio e cálcio.



MT – moderadamente tolerante, MS – moderadamente sensível

Fonte: Autores (2024).

O aumento do efeito do estresse salino observado nas soluções S3 e S4 pode ser atribuído à fonte de K utilizada (KCl) que apresenta um elevado índice salino. Com isto, o aumento das doses de KCl proporcionou incremento na CE das soluções nutritivas, sendo 8,0 e 8,5 dS m nas soluções S3 e S4 respectivamente. Na solução S6, apesar de ter ocorrido no aumento na CE com a dose máxima de Ca (7,9 dS m<sup>-1</sup>) não houve o aumento do efeito da salinidade devido, provavelmente, a interação antagônica entre os íons Ca<sup>2+</sup> e Na<sup>+</sup>. Em estudo desenvolvido com a cultura do amendoim Freitas *et al.* (2021) verificaram também que o aumento da dose de K potencializou o efeito da salinidade.

## 6 CONCLUSÃO

O uso de água salina reduziu o crescimento e o desenvolvimento da mini melancia em ambiente protegido.

A suplementação de K em 50% (S3) reduziu o efeito deletério do estresse salino sobre a área foliar e a massa seca de caule.

A adição extra de Ca em 100% aliviou o estresse salino e aumenta a partição de fotoassimilados para frutos de mini melancia.

Concentrações excessivas de K em solução nutritiva salinizada reduziu a tolerância da mini melancia, cv. Sugar Baby, ao estresse salino.

## 7 AGRADECIMENTOS

À CAPES pela bolsa de Doutorado concedida à primeira autora, ao Grupo de Pesquisa em Irrigação e Nutrição de Plantas (IRRIGANUTRI) e ao Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água da UFERSA pelo auxílio no financiamento da pesquisa.

## 8 REFERÊNCIAS

ABREU, T. B.; NUNES, G. H. D. E. S.; DANTAS, M. S. M.; COSTA FILHO, J. H.; COSTA, G. G.; ARAGÃO, F. A. S. Fenologia floral, viabilidade do grão de pólen e receptividade do estigma do meloeiro. **Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture**, Mossoró, v. 52, n. 1, p. 43-46, 2008.

- ALBUQUERQUE, J. R. T.; SÁ, F. V. S.; OLIVEIRA, F. A.; PAIVA, E. P.; ARAUJO, E. B. G.; SOUTO, L. S. Crescimento inicial e tolerância e cultivares de pepino sob estresse salino. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 10, n. 2, p. 486-495, 2016.
- ARAÚJO, E. B. G.; SÁ, F. V. S.; OLIVEIRA, F. A.; SOUTO, L. S.; PAIVA, E. P.; SILVA, M. K. N.; MESQUITA, E. F.; BRITO, M. E. B. Crescimento inicial e tolerância de cultivares de meloeiro à salinidade da água. **Ambiente & Água**, Taubaté, v. 11, n. 2, p. 462-471, 2016.
- ATTARZADEH, R.; AMINI, J. Towards an object-based multi-scale soil moisture product using coupled Sentinel-1 and Sentinel-2 data. **Remote Sensing Letters**, Londres, v. 10, n. 7, p. 619-628, 2019.
- BENICASA, M. M. P. **Análise de Crescimento de Plantas**: noções básicas. Jaboticabal: FUNEP, 2004. 42 p.
- BRAGA, D. F.; NEGREIROS, M. Z.; FREITAS, F. C. L.; GRANJEIRO, L. C.; LOPES, W. A. R. Crescimento de melancia 'mickylee' cultivada sob fertirrigação. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, n. 3, p. 49-55, 2011.
- BRIGHENTI, A. M.; SILVA, J. F.; LOPES, N. F.; CARDOSO, A. A.; FERREIRA, L. R. Crescimento e partição de assimilados em Losna. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Campinas, v. 5, n. 1, p. 41-45, 1993.
- CAMPAGNOL, R.; JUNQUEIRA, R. P. D.; MELLO, S. C. **Cultivo de mini melancia em casa de vegetação**. 1. ed. Piracicaba: ESALQ, 2012. 56 p.
- CHAKRABORTY, K.; BHADURI, D.; MEENA, H. N.; KALARIYA, K. External potassium ( $K^+$ ) application improves salinity by promoting  $Na^+$ -exclusion,  $K^+$ -accumulation and osmotic adjustment in contrasting peanut cultivars. **Plant Physiology and Biochemistry**, Paris, v. 103, p. 143-153, 2016.
- DIAS, R. C. S.; SANTOS, J. S. Panorama nacional da produção de melancia. **Campo & Negócios**, Uberlândia, p. 44-48, 2019. (Informe Técnico).
- FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C.; JONES, C. A. **Growth and mineral nutrition of field crops**. 3. ed. New York: CRC Press, 2010. 551 p.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: A guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014.
- FREITAS, A. G. S.; SOUSA, G. G.; SALES, J. R. S.; SILVA JUNIOR, F. B.; BARBOSA, A. S.; GUILHERME, J. M. D. Morfofisiologia da cultura do amendoim cultivado sob estresse salino e nutricional. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 15, p. 48-57, 2021.
- GRATTAN, S. R.; GRIEVE, C. M. Salinity-mineral nutrient relations in horticultural crops. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 78, p. 127-157, 1999.
- LARBI, A.; KCHAOU, H.; GAALIC, B.; HAKIM, B.; MORALES, F. Supplementary potassium and calcium improves salt tolerance in olive plants. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 160, p. 129-138, 2020.
- LIMA, G. S.; SILVA, J. B.; PINHEIRO, F. W. A.; SOARES, L. A. A.; GHEYI, H. R. Potassium does not attenuate salt stress in yellow passion fruit under irrigation management strategies. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 33, n. 4, p. 1082-1091, 2020.

- MANISHAKAR, P.; WANG, N.; KOSTER, P.; ALATAR, A. A.; KUDLA, J. Calcium signaling during salt stress and the regulation of ion homeostasis. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 69, n. 17, p. 4215-4226. 2018.
- MARQUES, G. N.; PEIL, R. M. N.; CARINI, F.; ROS, D. S. B.; LAGO, I. Análise do crescimento de genótipos de minimelancia em hidroponia. **Interciencia**, Caracas, v. 41, n. 1, p. 66-74, 2016.
- MARTINS, D. C.; RIBEIRO, M. S. S.; SOUZA NETA, M. L.; GOMES, L. P.; GUEDES, R. A. A.; OLIVEIRA, F. A. Desenvolvimento inicial de cultivares de melancia sob estresse salino. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Pombal, v. 9, n. 3, p. 62-68. 2013.
- OLIVEIRA, F. A.; PAIVA, F. I. G.; MEDEIROS, J. F.; MELO, M. R. S.; OLIVEIRA, M. K. T.; SILVA, R. C. P. Salinity tolerance of tomato fertigated with different K<sup>+</sup>/Ca<sup>2+</sup> proportions in protected environment. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 25, n. 9, p. 620-625, 2021a.
- OLIVEIRA, F. A.; MARTINS, D. C.; OLIVEIRA, M. K. T.; SOUSA NETA, M. L.; RIBEIRO, M. S. S.; SILVA, R. T. Desenvolvimento de cultivares de abóboras e morangas submetidas ao estresse salino. **Revista Agroambiente Online**, Manaus, v. 8, n. 2, p. 222-229. 2014.
- OLIVEIRA, G. B. S.; OLIVEIRA, F. A.; SANTOS, S. T.; OLIVEIRA, M. K. T.; AROUCHA, E. M. M.; ALMEIDA, J. G. L.; MENEZES, P. V.; COSTA, M. J. V.; PINTO, F. F. B.; ALVES, F. A. T. Potassium nutrition as a strategy to mitigate salt stress in melon grown under protected cultivation. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 42, n. 6, p. 3219-3234, 2021b.
- PORTO FILHO, F. Q.; MEDEIROS, J. F.; GHEYI, H. R.; MATOS, J. A.; SOUZA, E. R.; SOUSA NETO, E. R. Crescimento do meloeiro irrigado com águas de diferentes salinidades. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 24, n. 3, p. 334-341, 2006.
- SANTOS, F. A. S.; REZENDE, R.; WENNECK, G. S.; SANTI, D. C.; SAATH, R. TERASSI, D. S. Produtividade do melão rendilhado fertirrigado com silício. **Irriga**, Botucatu, v. 1, n. 2, p. 321-334, 2021.
- SILVA JÚNIOR, E. G.; SILVA, A. F.; LIMA, J. S.; SILVA, M. F. C.; MAIA, J. M. Vegetative development and content of calcium, potassium, and sodium in watermelon under salinity stress on organic substrates. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 52, n. 12, p. 1149-1157, 2017.
- SILVA JÚNIOR, F. B.; SOUSA, G. G.; SOUSA, J. T. M.; LESSA, C. I. N.; SILVA, F. D. B. da. Salt stress and ambient on the production of watermelon seedlings. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 33, n. 2, p. 518-528, 2020.
- SILVA, S. S.; LIMA, G. S.; LIMA, V. L. A.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. A.; MOREIRA, R. C. L.; FERNANDES, P. D.; ANDRADE, E. M. G.; PINHEIRO, F. W. A. Salinity management strategies and potassium fertilization in watermelon (*Citrullus lanatus*) cultivation. **Australian Journal of Crop Science**, Lismore, v. 14, n. 10, p. 1601-1607, 2020.
- SOUSA, A. B. O.; DUARTE, S. N.; SOUSA NETO, O. N.; SOUZA, A. C. M.; SAMPAIO, P. R. F.; DIAS, C. T. S. Production and quality of mini watermelon cv. Smile irrigated with saline water. **Revista Brasileira de Engenharia**

**Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 20, n. 10, p. 897-902, 2016.

STRASSBURGER, A. S.; PEIL, R. M. N.; FONSECA, L. A.; AUMONDE, T. Z. Crescimento e produtividade da abobrinha italiana: efeito da concentração iônica da solução nutritiva. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 2, p. 553-564, 2011.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: ArtMed, 2017. 858 p.

TESTER, M.; DAVENPORT, R. Na<sup>+</sup> tolerance and Na<sup>+</sup> transport in higher plants. **Annals of botany**, Ottawav, v. 91, n. 5, p. 503-530, 2003.

VIDIGAL, S. M.; PUIATTI, M.; SEDIYAMA, M. A. N. Análise de crescimento e partição de fotoassimilados em plantas de abóbora híbrida Tetsukabuto submetidas a doses de nitrogênio. **Científica**, Dracena, v. 49, n. 1, p. 42-50, 2021.