



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**ECOFISIOLOGIA DE ABOBRINHA ITALIANA SOB ESTRESSE SALINO  
COM APLICAÇÃO EXÓGENA DE H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> EM CULTIVO HIDROPÔNICO**

**MAÍLA VIEIRA DANTAS**

Campina Grande - PB  
Maio de 2021

MAÍLA VIEIRA DANTAS  
Engenheira Agrônoma

**ECOFISIOLOGIA DE ABOBRINHA ITALIANA SUBMETIDA AO  
ESTRESSE SALINO E H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> EM CULTIVO HIDROPÔNICO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Área de Concentração em Irrigação e Drenagem, do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, em cumprimento às exigências para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola.

**Orientador:** Prof. Dr. Hans Raj Gheyi  
**Coorientador:** Prof. Dr. Geovani Soares de Lima

Campina Grande - PB  
Maio de 2021

D192e

Dantas, Maíla Vieira.

Ecofisiologia de abobrinha italiana sob estresse salino com aplicação exógena de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> em cultivo hidropônico / Maíla Vieira Dantas. – Campina Grande, 2022.

85 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2022.

"Orientação: Prof. Dr. Hans Raj Gheyi, Prof. Dr. Geovani Soares de Lima".

Referências.

1. Abobrinha Italiana (*Cucurbita pepo* L.). 2. Peróxido de Hidrogênio. 3. Água Salina. 4. Ecofisiologia de Abobrinha Italiana - Cultivo Hidropônico. I. Gheyi, Hans Raj. II. Lima, Geovani Soares de. III. Título.

CDU 635.623(043)

FICHA CATALOGráfICA ELABORADA PELA BIBLIOTECÁRIA SEVERINA SUELI DA SILVA OLIVEIRA CRB-15/225



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
POS-GRADUACAO EM ENGENHARIA AGRICOLA  
Rua Aprigio Veloso, 882, - Bairro Universitario, Campina Grande/PB, CEP 58429-900

## FOLHA DE ASSINATURA PARA TESES E DISSERTAÇÕES

MAÍLA VIEIRA DANTAS

ECOFISIOLOGIA DE ABOBRINHA ITALIANA  
SOB ESTRESSE SALINO COM APLICAÇÃO  
EXÓGENA DE H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> EM CULTIVO  
HIDROPÔNICO

Dissertação apresentada ao Programa de  
Pós-Graduação em Engenharia Agrícola  
como pré-requisito para obtenção do título  
de Mestre em Engenharia Agrícola.

Aprovada em: 31/05/2021

Hans Raj Gheyi – Orientador – PPGEA/CTRN/UFMG

Geovani Soares de Lima – Orientador - PPGEA/CTRN/UFMG

Vera Lucia Antunes de Lima - Examinadora Interna - UAEA/CTRN/UFMG

Petterson Costa Conceição Silva - Examinador Externo - PDJ/PPGEA/UFMG



Documento assinado eletronicamente por **Geovani Soares de Lima, Usuário Externo**, em 01/06/2021, às 15:30, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **Petterson Costa Conceição Silva, Usuário Externo**, em 01/06/2021, às 15:49, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **Hans Raj Gheyi, Usuário Externo**, em 07/06/2021, às 12:11, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).

Documento assinado eletronicamente por **VERA LUCIA ANTUNES DE LIMA, PROFESSOR(A) DO**



**MAGISTERIO SUPERIOR**, em 07/06/2021, às 12:16, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site <https://sei.ufcg.edu.br/autenticidade>, informando o código verificador **1466457** e o código CRC **3546A4F4**.

À minha Família por nunca medir esforços para que eu realizasse meus sonhos, por todo o amor, dedicação e cuidado, exponho aqui minha eterna gratidão.

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a DEUS, pelo dom da vida e por todas as oportunidades a mim oferecidas.

Aos meus pais, Maria Aparecida Vieira Dantas, Raimundo Nonato Dantas, e irmã Mayara Vieira Dantas Domingos pelo amor, confiança, pelos vários ensinamentos e, principalmente, pelo incentivo para nunca desistir dos meus sonhos.

Ao meu esposo Lamartine Eduardo de Assis, por todo o apoio, amor e compreensão nos momentos de estresse.

Aos meus sogros, Lucinete Eduardo e Dorgival Alexandre, pelo incentivo e apoio.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudo, possibilitando, assim, o desenvolvimento desta pesquisa.

À Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) e ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, por todo o conhecimento adquirido.

Ao meu Orientador, D. Sc. Hans Raj Gheyi e coorientador D. Sc. Geovani Soares de Lima por todos os ensinamentos, paciência, disponibilidade, dedicação e orientações, tornando possível a concretização deste trabalho.

À banca examinadora, pela contribuição para a melhoria deste trabalho.

Agradeço aos amigos (Luderlândio de Andrade, Francisco Wesley, Iracy Amélia, Iara Almeida e Valeska Karolini) pela ajuda na montagem do experimento de campo e pelos conselhos nos momentos de dificuldade.

Agradeço a D. Sc. Lauriane Almeida dos Anjos Soares, André Alisson e a Técnica do Laboratório de Fisiologia Vegetal Joice.

A Monique Albuquerque e Luana Cristina pelo companheirismo e conselhos nos momentos de estresse.

Aos colegas da turma de mestrado, pelos momentos de estudos e pelas trocas de conhecimento.

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte dessa conquista, o meu muito obrigada.

## SUMÁRIO

Pág.

### **CAPÍTULO I - Introdução geral, Objetivos e Revisão de Literatura**

<b>RESUMO GERAL</b> .....	14
<b>GENERAL ABSTRACT</b> .....	15
<b>1. INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	16
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	18
2.1. Objetivo geral.....	18
2.2. Objetivos específicos.....	18
<b>3. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	19
3.1. Aspectos gerais da abobrinha italiana.....	19
3.2. Uso de água salina na irrigação.....	20
3.3. Efeito dos sais nas plantas.....	22
3.4. Peróxido de hidrogênio como atenuador ao estresse salino.....	24
3.5. Cultivo hidropônico.....	25
<b>4. REFERÊNCIAS</b> .....	27

### **CAPÍTULO II – Peróxido de hidrogênio e solução nutritiva salina no cultivo hidropônico de abobrinha italiana**

<b>RESUMO</b> .....	37
<b>ABSTRACT</b> .....	37
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	38
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	40
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	44
<b>4. CONCLUSÕES</b> .....	52
<b>5. REFERÊNCIAS</b> .....	53

### **CAPÍTULO III - Trocas gasosas e produção de abobrinha italiana hidropônica sob estresse salino e aplicação H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>**

<b>RESUMO</b> .....	60
<b>ABSTRACT</b> .....	60
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	61
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	63
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	67
<b>4. CONCLUSÕES</b> .....	78
<b>5. REFERÊNCIAS</b> .....	78
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	84



## LISTA DE TABELAS

	Pág.
<hr/> <b>CAPÍTULO II</b> <hr/>	
<b>Tabela 1.</b> Composição química dos nutrientes presentes da solução nutritiva geral indicada por Hoagland & Arnon (1950), utilizada no cultivo hidropônico da abobrinha italiana cultivar Caserta.....	41
<b>Tabela 2.</b> Resumo da análise de variância da clorofila <i>a</i> ( <i>Cl a</i> , mg g <sup>-1</sup> MF), clorofila <i>b</i> ( <i>Cl b</i> , mg g <sup>-1</sup> MF), clorofila Total ( <i>Cl T</i> , mg g <sup>-1</sup> MF) e carotenoides ( <i>Car</i> , mg g <sup>-1</sup> MF) das plantas de abobrinha italiana cultivar Caserta cultivada com solução nutritiva salina (CEsn) e aplicação exógena de peróxido de hidrogênio (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ) em sistema hidropônico, aos 35 dias após o transplantio.....	44
<b>Tabela 3.</b> Resumo da análise de variância para o comprimento do ramo principal (CRP, cm), número de folhas (NF), área foliar total (AF, cm <sup>2</sup> ), diâmetro do caule (DC, mm) e comprimento da raiz (CR, cm) das plantas de abobrinha italiana cultivar Caserta cultivada em solução nutritiva salina (CEsn) e aplicação exógena de peróxido de hidrogênio (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ) em sistema hidropônico, aos 47 dias após o transplantio.....	46
<b>Tabela 4.</b> Resumo da análise de variância para volume de raiz (VLR, cm <sup>3</sup> ), fitomassa seca de folhas (FSF, g por planta), de caule (FSC, g por planta) e de raiz (FSR, g por planta) das plantas de abobrinha italiana cultivar Caserta cultivada com solução nutritiva salina (CEsn) e aplicação exógena de peróxido de hidrogênio (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ) em sistema hidropônico, aos 47 dias após o transplantio.....	49
<hr/> <b>CAPÍTULO III</b> <hr/>	
<b>Tabela 1.</b> Composição química dos nutrientes presentes na solução nutritiva geral indicada por Hoagland & Arnon (1950), utilizada no cultivo hidropônico da abobrinha italiana.....	64
<b>Tabela 2.</b> Resumo do teste de Fisher (F) para trocas gasosas das plantas de abobrinha italiana cultivada com solução nutritiva salina (CEsn) e aplicação exógena de peróxido de hidrogênio (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ) em sistema hidropônico.....	67
<b>Tabela 3.</b> Resumo do teste de Fisher (F) para fluorescência inicial (F <sub>0</sub> ), máxima (F <sub>m</sub> ), variável (F <sub>v</sub> ), eficiência quântica potencial do FSII (F <sub>v</sub> /F <sub>m</sub> ) das plantas de abobrinha italiana cultivada com solução nutritiva salina (CEsn) e aplicação exógena de peróxido de hidrogênio (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ) em sistema hidropônico.....	71

<b>Tabela 4.</b>	Resumo do teste de Fisher (F) para produção total por planta (PT), número dos frutos (NTF), diâmetro basal dos frutos (DBF), diâmetro do terço médio inferior dos frutos (DTMIF), firmeza do diâmetro basal (FDB), firmeza do terço médio inferior (FTMI), sólidos solúveis (SS) e potencial hidrogeniônico (pH) das plantas de abobrinha italiana cultivada com solução nutritiva salina e aplicação exógena de peróxido de hidrogênio em sistema hidropônico.....	72
------------------	---	----

## LISTA DE FIGURAS

Pág.

### CAPÍTULO II

---

- Figura 1.** Dados médios externo da casa de vegetação de temperatura média máxima e mínima e umidade relativa do ar durante a condução do experimento..... 40
- Figura 2.** Teores de clorofila *a* - Cl *a* (A), clorofila *b* - Cl *b* (B), Total - Cl *T* (C) e carotenoides (D) das plantas de abobrinha italiana cultivar Caserta em função dos níveis salinos da solução nutritiva – CEsn, em cultivo hidropônico, aos 35 dias após transplantio..... 46
- Figura 3.** Comprimento do ramo principal (CRP), número de folhas (NF) e área foliar total (AF) das plantas de abobrinha italiana cultivar Caserta em função dos níveis salinos da solução nutritiva – CEsn, em cultivo hidropônico, aos 47 dias após transplantio..... 47
- Figura 4.** Diâmetro do caule – DC (A) e comprimento da raiz – CR (B) das plantas de abobrinha italiana cultivar Caserta em função da interação entre os níveis salinos da solução nutritiva - CEsn e aplicação exógena de peróxido de hidrogênio – H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> em sistema hidropônico, aos 47 dias após o transplantio..... 48
- Figura 5.** Fitomassa seca de folhas – FSF (A) e fitomassa seca do caule - FSC (B) das plantas de abobrinha italiana cultivar Caserta em função da salinidade da solução nutriente (CEsn) e fitomassa seca de folhas – FSF (C) em função da aplicação exógena de peróxido de hidrogênio em cultivo hidropônico, aos 47 dias após transplantio..... 51
- Figura 6.** Fitomassa seca da raiz – FSR das plantas de abobrinha italiana em função dos níveis salinos da solução nutritiva – CEsn (A), e peróxido de hidrogênio – H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (B) em cultivo hidropônico, aos 47 dias após transplantio..... 52

### CAPÍTULO III

---

- Figura 1.** Dados médios de temperatura do ar máxima e mínima e umidade relativa do ar durante o período do experimental..... 63
- Figura 2.** Condutância estomática – *g<sub>s</sub>* (A), transpiração – *E* (B), taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> – *A* (C) e concentração interna de CO<sub>2</sub> – *C<sub>i</sub>* (D) das plantas de abobrinha

	italiana em função da solução nutritiva salina – CESn em cultivo hidropônico....	69
<b>Figura 3.</b>	Eficiência instantânea do uso da água - <i>EiUA</i> (A) e eficiência instantânea da carboxilação – <i>EiCi</i> (B) das plantas de abobrinha italiana em função da solução nutritiva salina – CESn em cultivo hidropônico.....	70
<b>Figura 4.</b>	Fluorescência inicial – $F_0$ das plantas de abobrinha italiana em função da solução nutritiva salina – CESn em cultivo hidropônico.....	72
<b>Figura 5.</b>	Produção total por planta – PT das plantas de abobrinha italiana em cultivo hidropônico, em função da interação da solução nutritiva salina – CESn e aplicação exógena de peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ). X e Y corresponde a CESn e as concentrações de $H_2O_2$ .....	73
<b>Figura 6.</b>	Número total de frutos da abobrinha italiana em função da solução nutritiva salina – CESn (A), e peróxido de hidrogênio – $H_2O_2$ (B) em cultivo hidropônico.....	74
<b>Figura 7.</b>	Diâmetro basal dos frutos – DBF (A) e diâmetro do terço médio inferior – DTMI (B) e firmeza do terço médio inferior - FTMI (C) das plantas de abobrinha italiana em cultivo hidropônico, em função da interação da solução nutritiva salina – CESn e aplicação exógena de peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ). X e Y corresponde a CESn e as concentrações de $H_2O_2$ , respectivamente.....	75
<b>Figura 8.</b>	Sólidos solúveis totais – SST da polpa dos frutos de abobrinha italiana em função da solução nutritiva salina – CESn (A), e potencial hidrogeniônico – pH da polpa de frutos de abobrinha italiana em função da CESn (B) e peróxido de hidrogênio – $H_2O_2$ (C) em cultivo hidropônico.....	77

## **CAPÍTULO I**

---

### **INTRODUÇÃO GERAL, OBJETIVOS E REVISÃO DE LITERATURA**

DANTAS, Maíla Vieira. **Ecofisiologia de abobrinha italiana submetida ao estresse salino e H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> em cultivo hidropônico**. 2021. 84 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola, Linha de Concentração - Irrigação e Drenagem) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande-PB.

### RESUMO GERAL

O uso de águas salobras na região semiárida é uma alternativa para produzir no período de escassez hídrica. Por isso, torna-se indispensável à aplicação de atenuadores do estresse salino para minimizar os efeitos deletérios dos sais no crescimento e produção das culturas. Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito atenuador do peróxido de hidrogênio no estresse salino em plantas de abobrinha italiana cultivadas em sistema hidropônico. O trabalho ocorreu em casa de vegetação, em Pombal – PB, utilizando-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4 × 4, sendo quatro níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva - CE<sub>sn</sub> (2,1 - controle; 3,6; 5,1 e 6,6 dS m<sup>-1</sup>), e quatro concentrações de peróxido de hidrogênio – H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (0; 20; 40 e 60 µM), com três repetições. Com uso do sistema de cultivo hidropônico tipo Técnica de Fluxo Laminar de Nutriente. A solução nutritiva com condutividade elétrica de 2,1 dS m<sup>-1</sup> e pulverização de peróxido de hidrogênio nas concentrações de 40 e 60 µM promoveram um aumento no diâmetro do caule e comprimento da raiz. Mas, a salinidade da solução nutritiva acima de 2,1 dS m<sup>-1</sup> diminuiu os teores de pigmentos fotossintéticos, as trocas gasosas, o crescimento e o acúmulo de fitomassa seca. A concentração de 20 µM H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> e solução nutritiva de 2,1 dS m<sup>-1</sup> aumentou o peso total dos frutos e diâmetro basal dos frutos de abobrinha italiana. A elevação da CE<sub>sn</sub> quanto da concentração de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> de forma isolada reduziram o pH e o número de frutos.

**Palavras-chave:** *Cucurbita pepo* L., peróxido de hidrogênio, água salina.

DANTAS, Maíla Vieira. **Ecophysiology of Italian zucchini subjected to salt stress and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> in hydroponic cultivation.** 2021. 84 p. Dissertation (Master in Agricultural Engineering, Concentration Line - Irrigation and Drainage) - Federal University of Campina Grande, Campina Grande-PB.

### GENERAL ABSTRACT

The use of brackish water in the semiarid region is an alternative to produce in the period of water scarcity. Therefore, it is essential to apply saline stress attenuators to minimize the deleterious effects of salts on crop growth and production. In this context, the present work aimed to evaluate the attenuating effect of hydrogen peroxide on saline stress in zucchini plants grown in a hydroponic system. The work was carried out in a greenhouse, in Pombal - PB, using a completely randomized design, in a 4 × 4 factorial scheme, with four levels of electrical conductivity of the nutrient solution - EC<sub>sn</sub> (2.1 - control; 3.6 ; 5.1 and 6.6 dS m<sup>-1</sup>), and four concentrations of hydrogen peroxide – H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (0; 20; 40 and 60 μM), with three replications. Using the hydroponic cultivation system type Laminar Nutrient Flow Technique. The nutrient solution with electrical conductivity of 2.1 dS m<sup>-1</sup> and hydrogen peroxide spraying at concentrations of 40 and 60 μM promoted an increase in stem diameter and root length. However, the salinity of the nutrient solution above 2.1 dS m<sup>-1</sup> reduced the levels of photosynthetic pigments, gas exchange, growth and dry phytomass accumulation. The concentration of 20 μM H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> and 2.1 dS m<sup>-1</sup> nutrient solution increased the total fruit weight and basal diameter of zucchini fruits. The increase of EC<sub>sn</sub> and the concentration of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> alone reduced the pH and the number of fruits.

**Keyword:** *Cucurbita pepo* L., hydrogen peroxide, saline water.

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

A escassez hídrica no semiárido do Nordeste brasileiro dificulta a produção agrícola, devido à baixa precipitação, temperatura e evaporação elevada, fazendo com que os produtores utilizem água de baixa qualidade das principais fontes, poço e açude, para atender à necessidade da cultura e geração de renda (MELO FILHO et al., 2019).

As altas concentrações de sais encontradas nestas águas restringem a absorção de água e nutrientes para as plantas, ocasionando o fechamento dos estômatos. Os íons de sais absorvidos em conjunto com água são acumulados nos tecidos e parte da água é perdida por transpiração, em que o excesso de íons tóxicos como  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  interfere no metabolismo das plantas causando antagonismo dos nutrientes essenciais, redução no crescimento e produção (SILVA et al., 2018).

O efeito da salinidade nas culturas é comprovado em vários estudos, a exemplo da abobrinha italiana (SOUZA et al., 2020), meloeiro (PEREIRA et al., 2017), feijão-caupi (SOUSA et al., 2021), como também em cultivo hidropônico com solução nutritiva salina em plantas de alface (FERNANDES et al., 2018) e semi-hidropônico em pimentão (SANTOS et al., 2019).

Os estudos com a cultura da abobrinha italiana em cultivo hidropônico com solução nutritiva ainda são incipientes. Apesar da importância nutricional e socioeconômica da cultura, com destaque entre as olerícolas de grande aceitação comercial (COSTA et al., 2019). Com produção nacional de 228.500 toneladas em 2018 produzido em 34.858 propriedades agrícolas (IBGE, 2021).

Diante da necessidade de utilização de águas com elevadas concentrações de sais na agricultura é necessário buscar por agentes atenuadores do estresse, como o peróxido de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ). O  $\text{H}_2\text{O}_2$  pode atuar como molécula sinalizadora durante os estresses bióticos e abióticos, desempenhando papel importante no desenvolvimento das culturas, induzindo a planta produzir proteínas e aminoácidos que auxiliem o processo de aclimação e melhoria no crescimento e produção das culturas, podendo ser aplicado no tratamento de sementes e pulverização foliar, onde o efeito varia em função da concentração aplicada (SILVA et al., 2019).

O peróxido de hidrogênio atua na sinalização do estresse, induzindo a produção de compostos orgânicos que participa do metabolismo das plantas a reagir sob efeito dos sais, desintoxicando as espécies reativas de oxigênio e melhorando absorção de água e o crescimento das plantas (CARVALHO et al., 2011).



O cultivo hidropônico é outra tecnologia que possibilita o controle da condutividade elétrica, pH, quantidade de nutrientes na solução nutritiva, maior eficiência do uso da água, e também permite produzir durante todo o ano em casa de vegetação, tornando um cultivo vantajoso para condições do semiárido nordestino (LOUREIRO et al., 2019).

O cultivo da abobrinha irrigado com água salobra é baseado na tolerância da salinidade limiar do solo, pois as informações são inconsistentes quanto à tolerância a salinidade limiar da água. Tornando assim, relevante o uso de atenuantes do estresse em cultivo hidropônico com solução nutritiva salina, uma vez que, os agricultores do semiárido Nordeste utilizam água com sais dissolvidos, como alternativa para o desenvolvimento socioeconômico no período de escassez hídrica.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo geral**

Avaliar o efeito da aplicação exógena do peróxido de hidrogênio nas plantas de abobrinha italiana submetidas a diferentes condutividades elétricas da solução nutritiva, cultivado em sistema hidropônico.

### **2.2. Objetivo específico**

Avaliar o crescimento das plantas de abobrinha italiana irrigadas com solução nutritiva salina e aplicação de peróxido de hidrogênio;

Determinar os teores de pigmentos fotossintéticos, as trocas gasosas e a fluorescência da clorofila da abobrinha italiana, em função da solução nutritiva salina e aplicação exógena de peróxido de hidrogênio;

Avaliar produção e a qualidade dos frutos de abobrinha italiana sob efeito solução nutritiva salina e aplicação exógena de peróxido de hidrogênio em cultivo hidropônico.

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1. Aspectos gerais da abobrinha italiana

A abobrinha italiana (*Cucurbita pepo* L.) pertence à família das cucurbitaceae com origem na região central do México e sul dos Estados Unidos da América, conhecidas em distintas regiões como abóbora de moita ou abobrinha de tronco, com adaptação as condições climáticas tropical e subtropical (SANCHES et al., 2017; Filgueira, 2008).

As cucurbitáceas apresentam aproximadamente 120 gêneros e 850 espécies no mundo, enquanto o Brasil possui cerca de 30 gêneros e 200 espécies, sendo que, o gênero cucurbita possui 27 espécies de abóbora, destacando-se como as mais cultivadas: a *Cucurbita pepo*, *Cucurbita maxima*, *Cucurbita moschata*, *Cucurbita argyrosperma* e *Cucurbita ficifolia*. Na espécie *cucubita pepo* existe uma diversidade de fenótipos e genótipos, podendo ser visto espinhos nas folhas e caules (BRANDÃO FILHO et al., 2018).

O ciclo da abobrinha italiana varia de 50 a 80 dias em condições de campo (COUTO et al., 2009). As plantas possuem crescimento ereto, hastes curtas e folhas simples, alternadas e espinhosas, com manchas esbranquiçadas próximo das nervuras. As raízes são compridas com desenvolvimento concentrado nos 20 cm do solo. As flores são monoicas de coloração amarelada, com ovários alongados antecipando o formato dos frutos, as flores masculinas são numerosas em relação as femininas, tendo a polinização realizada por insetos (SOUZA, 2018).

De acordo com Matos et al. (2017), os fatores climáticos como temperatura e umidade interferem na taxa de flores femininas e masculinas dos gêneros cucurbitáceas, em que temperaturas amenas em dias curtos influenciam a floração feminina, sendo importante para determinação da produção, pois a quantidade de flores femininas reflete no número de frutos.

Os frutos são alongados, cilíndrico, de coloração verde clara e estrias verdes escuras, a faixa adequada de desenvolvimento das abóboras fica de 20 a 27 °C, podendo ser cultivada o ano todo em regiões de clima quente, enquanto regiões de clima frio o plantio é recomendado de setembro a fevereiro (SOUZA e BRITO JUNIOR, 2018). Os frutos possuem sementes achatadas, rugosas de coloração creme a esbranquiçada (BRANDÃO FILHO et al., 2018).

A colheita dos frutos, geralmente, se dá dos 45 a 60 dias após a semeadura, colhendo frutos imaturos de coloração verde, variando de 18 a 20 cm de comprimento, pesando em média de 200 a 500 g, podendo ser em dias alternados ou duas vezes na semana, conforme disponibilidade de mão-de-obra (PACHECO, 2019). Os frutos são ricos em nutrientes como cálcio, ferro, fósforo e fibra, que contribuem para uma dieta balanceada, por isso, o aumento da procura por essa hortaliça significa mudanças no hábito alimentar (MATOS et al., 2017).

A propagação dessa cultura é sexuada, por meio de sementes, o cultivo recomendado é em ambiente protegido, por favorecer a melhoria na produção, garantindo melhores condições de controle de nutrição, irrigação e pragas, além de ter homogeneização no crescimento e produção, aumentando a qualidade dos frutos, com potencial para comercialização e aceitação do consumidor (SILVA et al., 2020).

A produção mundial de abobrinha italiana em 2018 chegou na casa dos 27,6 milhões de toneladas, correspondendo ao cultivo de 2,04 milhões de hectares, alcançando uma produtividade de 13,53 t ha<sup>-1</sup>. Enquanto a produção do Brasil de aproximadamente 10 t ha<sup>-1</sup>, sendo a região central e sul responsável pelas maiores colheitas dos frutos. (BATISTA et al., 2020; FAO, 2020). Essa hortaliça fruto destaca-se entre as dez de maior valor econômico e produção interna no Brasil, podendo ser cultivada em todas as regiões brasileiras, tendo a maior exploração por agricultores familiares que são responsáveis pela distribuição da produção nos grandes centros comerciais, mantendo a geração de renda e emprego nas zonas rurais (COELHO et al., 2020).

### **3.2. Uso de água salina na irrigação**

A salinidade é efeito do acúmulo de sais no solo provenientes de processos geológicos, ações antrópicas que envolvem manejo inadequado de insumos agrícolas e irrigação com água de elevada condutividade elétrica, além da interferência dos fatores climáticos (BARBOSA et al, 2019). O Nordeste brasileiro possui baixa pluviosidade, elevadas temperaturas e evaporação, o que resulta no acúmulo de sais no solo e lençol freático, comprometendo a qualidade da água dos reservatórios utilizada para irrigação (DINIZ et al, 2018).

A alternativa de produzir no semiárido com água salina torna-se importante, pois possibilita geração de renda na região, no período de estiagem quando o uso de água

boa é priorizado ao consumo humano, no entanto, o manejo inadequado da água de irrigação pode comprometer as culturas através dos efeitos deletérios dos sais que, implicam o retardamento no desenvolvimento das plantas (REGES et al., 2017).

O uso da água salina na irrigação depende da composição iônica da água, tolerância das culturas, tipo, estrutura e capacidade de drenagem do solo, portanto, para prevenir a salinização dos solos e tornar possível o uso na agricultura, é imprescindível correlacionar esses fatores com o uso de insumos, manejo do solo e da água (SOUSA et al., 2019).

De acordo com Kovda (1973), os sais encontrados na água da região nordeste são o cloreto de sódio, cálcio e magnésio, sulfato de sódio e magnésio e carbonato de sódio. Medeiros (1992) observou a relação de 7:2:1 referente sódio, cálcio e magnésio quando avaliou a qualidade da água de mananciais no semiárido nordestino.

Para Ayers e Westcot (1999), a quantidade de sódio, cálcio, cloreto, potássio, sulfato e outros componentes sólidos dissolvidos na água é indicativo da qualidade, sendo classificado quanto a condutividade elétrica em relevância ao uso na agricultura como nenhuma restrição ( $CEa < 0,7 \text{ dS m}^{-1}$ ), moderada ( $0,7 > CEa < 3,0 \text{ dS m}^{-1}$ ) e severa ( $CEa > 3,0 \text{ dS m}^{-1}$ ).

A água utilizada na irrigação no período de estiagem é proveniente de poço ou barragens, e, geralmente, é água de baixa qualidade, por apresentar altas concentrações de sais, que dificulta o crescimento e produção das espécies cultivadas, tornando necessário o uso de insumos, atenuantes ou técnicas de cultivo que mitigam o efeito nas plantas (ANDRADE et al., 2018).

Para disponibilizar essa água na irrigação, deve realizar manejo adequado do solo, água e cultura, para evitar o acúmulo excessivo de sais no solo, com desafio a identificação da tolerância das culturas a condutividade elétrica e práticas agrícolas que viabilizam o uso dessa água (FELIX et al., 2018). Todavia, é necessário realizar pesquisas com uso de água salina e insumos que minimizem os danos nas culturas, já que é inevitável a sua utilização (SANTOS et al., 2018).

Bione et al. (2014) constataram que, o uso de água salinizada no cultivo hidropônico de manjerição não ocasionou sintomas deletérios que comprometessem a produção, mas provocou redução no crescimento e na massa fresca. Diniz et al. (2018), demonstraram que, a irrigação de plantas com água salina provoca efeito negativo e causa desequilíbrio nutricional e fisiológico, com danos diretamente na assimilação de carbono que retarda o crescimento.

Putti et al. (2018), avaliando o cultivo de abobrinha italiana sob condições de estresse salino (CEa de 0 a 5 dS m<sup>-1</sup>) verificaram tolerância das plantas a CEa de 2 dS m<sup>-1</sup> para diversos parâmetros (comprimento da raiz, massa seca do caule e fresca do caule e parte aérea, diâmetro dos frutos). Souza et al. (2020), tiveram mudas vigorosas de abobrinha cv. Caserta Italiana com água salina de 5 dS m<sup>-1</sup> sob aplicação de bioestimulante (Stimulate®) na dosagem de 10 mL L<sup>-1</sup>.

No estudo de Ó et al. (2020) com a cultura da mini melancia cv. ‘Sugar Baby’ irrigado com água salobra, foi verificado que, a condutividade elétrica de até 6,5 dS m<sup>-1</sup> na solução nutritiva utilizada na fertirrigação reduziu o peso do fruto, mas não afetou o sólidos solúveis, pH e acidez total titulável.

### **3.3. Efeito dos sais nas plantas**

O desenvolvimento das plantas sob estresse salino é observado através do comportamento osmótico, causado por concentrações de sais na zona radicular que reduz o potencial osmótico das plantas, comprometendo o seu rendimento em função da baixa absorção de água (SILVA JÚNIOR et al., 2017). O efeito osmótico ocasiona redução da absorção de água pelas raízes, com respostas negativas nos processos fisiológicos nas plantas, inibindo atividade meristemática e alongamento celular, com redução da expansão foliar e formação de gemas laterais (TAIZ et al., 2017).

Como mecanismo de defesa as plantas produzem compostos orgânicos que compartimentalizam no citoplasma e adsorvem íons inorgânicos, acumulando no vacúolo para ajustar o processo osmótico (SILVA et al., 2010). As plantas sensíveis ao estresse salino tentam expelir os sais do metabolismo, no entanto, não é eficaz como os das plantas halófitas, que conseguem ajustamento osmótico mesmo quando o potencial de água no solo é menor (SCHOSSLER et al., 2012).

Segundo Flowers et al. (1983), no estômato ocorre a seleção de direção e transporte dos íons seletivos para o potássio e sódio, implicando na substituição e acúmulo de sódio no citoplasma, que são transportados pelo xilema ou expelido pelo vacúolo quando a capacidade de armazenar sódio excede, além de contribuir para o estresse hídrico da planta. Posteriormente, a redução do alongamento celular, turgescência das células pelo baixo conteúdo de água no metabolismo, permeabilidade da parede celular, diminuição no crescimento e produção de massa seca (FREIRE et al., 2010).

O fechamento estomático em plantas sob condições de estresse diminui a fotossíntese, produção e acúmulo de fotoassimilados, provocando um maior consumo de energia para o ajustamento osmótico e transportes de nutrientes essenciais para a formação de proteínas e atividade enzimática (LEMES et al., 2018).

As plantas em condições de estresse salino tendem a reduzir a condutância estomática em função da baixa absorção de água, acarretando no fechamento dos estômatos, que conseqüentemente, afeta as trocas gasosas, redução da transpiração e fixação de CO<sub>2</sub>, limitando atividade fotossintética, pela baixa assimilação de CO<sub>2</sub> e eficiência do uso da água (FIGUEIREDO et al., 2019).

A redução do potencial osmótico induzido por sal reduz a absorção de água pelas plantas, provocando um estado de déficit hídrico, que por sua vez, tendem a aumentar produção de ácido abscísico pelas raízes que é transportado pelo xilema até a parte aérea, sinalizando o fechamento dos estômatos, evitando a desidratação excessiva das células (TAIZ et al., 2017).

A interferência do efeito osmótico por sal também prejudica a fluorescência da clorofila, que é analisado da capacidade fotossintética sob estresse, pois, nessa condição modifica o aparato fotossintético e a atividade das membranas dos tilacóides dos cloroplastos, afetando os parâmetros da fluorescência da clorofila a (SILVA et al., 2011).

Em seguida, o efeito tóxico da salinidade é ocasionado, principalmente, pelo acúmulo de sais como Na<sup>+</sup> e Cl<sup>-</sup> no interior das células, causando modificações no metabolismo das plantas, alteração no balanço iônico e na absorção dos nutrientes essenciais para desenvolvimento, gerando efeitos negativos nutricionais, hormonais e inibição da atividade enzimática e fotossintética (SILVA et al., 2017).

O desequilíbrio metabólico por causa da toxicidade dos íons, desencadeia efeito oxidativo nas células, caracterizado pela produção excessiva de espécies reativas de oxigênio no cloroplasto, peroxissomo, mitocôndria e membrana plasmática, no qual as enzimas antioxidantes não conseguem eliminar os radicais para manter a homeostase (GILL et al., 2013).

A cadeia respiratória, assimilação de nitrogênio e metabolismo das proteínas são alterados pelo efeito tóxico dos sais, podendo ser mais agressiva em algumas espécies do que outras, pois a sensibilidade varia com o gene, espécie, cultivar, estado fenológico e tempo de exposição ao estresse, tendo as hortaliças maior sensibilidade (TORRES et al., 2014).

O desequilíbrio nutricional nas plantas é promovido pela presença de íons tóxicos como  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  e Boro, substituindo os nutrientes essenciais como cálcio e potássio, pois a presença desses íons em quantidade elevada pode causar redução do desenvolvimento e senescência, sendo a clorose e queima das folhas um sintoma de toxicidade em decorrência do desequilíbrio nutricional e hormonal (MATOS et al., 2018).

De acordo com Oliveira et al. (2018), a diminuição de transportes de elétrons e eficiência fotossintética implica em distúrbios no fotossistema II que é sensível ao estresse salino, onde íons tóxicos altera a fotossíntese ocasionando degradação de pigmentos como clorofila *a* e *b*, diminuição da fluorescência da clorofila e com isso, redução na taxa fotossintética líquida, sendo a fotossíntese um indicador de sensibilidade das plantas ao estresse salino.

Segundo Lira et al. (2018), o estresse salino em plantas compromete o metabolismo e desencadeia o estresse oxidativo, caracterizado pela alta produção de espécies reativas ao oxigênio (ERO). Dessa forma, as plantas sob condições de estresse, aumentam a produção de agentes antioxidantes como superóxido dismutase, catalase, ascorbato peroxidase e peroxidases para manter o equilíbrio dos processos metabólicos como formação de proteínas e enzimas, minimizando os danos do efeito salino.

### **3.4. Peróxido de hidrogênio como atenuador ao estresse salino**

As plantas sob estresse, induzem produção de espécies reativas de oxigênio, como o peróxido de hidrogênio, que é produzido na mitocôndria, impulsionado pela subsistência ubiquinona na cadeia de transporte de elétrons (BARBOSA et al., 2014). O peroxissomo também gera o  $\text{H}_2\text{O}_2$  através da reação de oxidação de substratos orgânicos, enquanto os cloroplastos e peroxissomos presentes nas folhas produzem até cem vezes a mais o peróxido de hidrogênio em comparação a produção na mitocôndria (BHATTACHARJEE, 2010).

A pré-exposição ao peróxido de hidrogênio como sinalizador do estresse moderado nas plantas, tem a finalidade de induzir o aumento da produção de enzimas antioxidantes, como o superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT), ascorbato peroxidase (APX) e glutathione redutase (GR), que atuam na desintoxicação das espécies reativas de oxigênio e melhoria no funcionamento das células quando as plantas forem expostas a um estresse mais severo (FORMAN et al., 2010; CARVALHO et al., 2011).



De acordo com Deuner et al. (2008) e Schroeder et al. (2001), o peróxido de hidrogênio é um sinalizador do fechamento dos estômatos, pois a concentração elevada de  $H_2O_2$  nas células guardas permite que o cálcio presente no vacúolo passe para o citosol, invertendo a polaridade das células guardas, a redução do potássio, turgor e consequente, o fechamento dos estômatos.

O peróxido de hidrogênio pode ser utilizado no tratamento de sementes e pulverização foliar (SILVA et al., 2019), dado que em baixa concentração possui ação sinalizadora para aclimação das plantas em condições estressantes, aumentando os níveis de antioxidantes, melhorando o crescimento das plantas, fotossíntese e produção de frutos, enquanto em altas quantidades pode gerar a morte celular programada (KHANDAKER et al., 2012).

No estudo de Silva et al. (2019), a aplicação de 25  $\mu M$  de  $H_2O_2$  no tratamento de sementes foi eficiente para atenuar o efeito dos sais nas plantas de maracujazeiro aos 60 dias da semeadura para taxa de assimilação de  $CO_2$ , concentração interna de  $CO_2$ , altura de planta e área foliar do maracujazeiro amarelo. O efeito positivo do  $H_2O_2$ , também foi identificado na pesquisa de Gondim et al. (2011), tendo a pulverização de peróxido de hidrogênio promovido aclimação ao estresse salino nas plantas de milho.

### **3.5. Cultivo hidropônico**

O cultivo hidropônico consiste na técnica de cultivo sem solo, em que as raízes entram em contato diretamente com a solução nutritiva, contendo os nutrientes essenciais ao desenvolvimento, possuindo alta eficiência do uso da água, reduzindo em 70% a quantidade de água utilizado durante o ciclo da cultura em comparação a outros sistema de produção, quando utiliza-se o sistema hidropônico fechado, já que a perda de água se dá por evapotranspiração da cultura e evaporação da água (FERREIRA et al., 2017).

O sistema hidropônico pode ser vertical ou horizontal, fechado, que consiste na técnica de circulação de solução nutritiva, ou aberto, a solução nutritiva passa pelas raízes das plantas e não retorna a caixa coletora, sendo aplicada única vez, designado de semi-hidropônico por utilizar substratos (VILELA JUNIOR et al., 2003).

Diversas culturas podem ser cultivadas nesse sistema sem solo, no entanto, com base no porte da cultura que se determina o tipo de sistema, pois possuem formas diferentes de sustentação com ou sem reaproveitamento da solução nutritiva, apesar dos

sistemas mais recomendados serem os fechados, como o fluxo laminar de nutrientes (NFT) e técnica de fluxo profundo (DFT- deep film technique) (SAUSEN et al., 2020).

O sistema NFT, em grande parte, é constituído de PVC, contendo orifícios para alocação da planta, espaçados conforme recomendação da cultura, sustentados com suportes (cavaletes), onde a solução nutritiva armazenada em caixas coletoras é bombeada para os canais que escoam por gravidade, irrigando as raízes que ficam submersas na fina lâmina da solução. O sistema de bombeamento é ligado a um temporizador que controla o intervalo de circulação da solução nutritiva (SANTOS et al., 2010).

A vantagem desse sistema se dá pela eficiência do uso da água em comparação aos outros sistemas, produção de alta qualidade, menor impacto ambiental, baixa utilização de insumos, como fertilizantes e defensivos agrícolas, mão-de-obra e redução do ciclo das culturas, podendo utilizar água salobra e reaproveitamento do rejeito da solução nutritiva para o preparo de soluções posteriores (PAULUS et al., 2012).

O cultivo no sistema hidropônico com água salobra torna as plantas mais tolerantes ao estresse, possuindo maior eficiência no uso da água durante o crescimento, posto que, no cultivo hidropônico apenas o potencial osmótico da solução é considerado, desprezando o potencial matricial que é observado no cultivo em solo, tornando esse sistema apropriado na redução de impactos socioeconômicos causados pela escassez de água nas regiões áridas e semiáridas (COSTA et al., 2020). Soares (2007) avalia que, o cultivo em sistema hidropônico contribuiu na tolerância das plantas de alface ao estresse salino em comparação ao cultivo convencional.

Para alcançar produtividade vantajosa de hortaliças no cultivo hidropônico com água salobra, deve-se utilizar solução nutritiva de qualidade com temperatura, pH e condutividade elétrica adequadas, além do ambiente de cultivo apropriado, já que, a utilização de água salobra nesse cultivo em condições de alta temperatura e umidade pode acarretar distúrbios fisiológicos nas plantas, como a murcha ou queima das bordas nas horas quente do dia, resultando na perda da produção (FERNANDES et al., 2018).

A composição química e microbiana da água deve ser levada em consideração antes da instalação da cultura, como também, a formulação de nutrientes utilizados, pois existem várias recomendações conforme a espécie vegetal, época do ano e tipo de sistema hidropônico (FERREIRA et al., 2021).

Todavia, independente da formulação utilizada, todas as soluções nutritivas devem conter os nutrientes essenciais às plantas, sejam eles macronutriente como

nitrogênio, potássio, fosforo, cálcio, magnésio e enxofre, e micronutrientes como ferro, zinco, boro, cobre, molibdênio, manganês e cloro (OLIVEIRA et al., 1991).

#### 4.0. REFERÊNCIAS

- Ayers, R. S.; Westcot, D. W. A. qualidade da água na agricultura. 2 ed. Tradução de H. R. Gheyi, J. F. de Medeiros, F. A. V. Damasceno. Campina Grande: UFPB, 1999. 153p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29 Revisado 1).
- Andrade, F. H. A.; Pereira, W. E.; Morais, R. R.; Silva, A. F. da; Neto, M. A. B. Effect of phosphorus application on substrate and use of saline water in sugar-apple seedlings. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 48, n. 2, p. 190-199, 2018.
- Barbosa, J. L.; Nobre, R. G.; Souza, L. D. P.; Veloso, L. L. da S.; Silva, E. L. da; Guedes, M. A. Crescimento de algodoeiro colorido cv. BRS Topázio em solos com distintas salinidades e adubação orgânica. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 42, n. 1, p. 201-210, 2019.
- Barbosa, M. R.; Silva, M. M. de A.; Willadino, L.; Ulisses, C.; Camara, T. R. Geração e desintoxicação enzimática de espécies reativas de oxigênio em plantas. **Ciência Rural**, v. 44, n. 3, p. 453-460, 2014.
- Batista, C. M.; Mota, W. F. da; Pegoraro, R. F.; Gonçalves, R. E. M.; Aspiazú, I. Production of italian zucchini in response to N and P fertilization. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 15, n. 3, p. 6801-6806, 2020.
- Bhattacharjee, S. Sites of generation and physicochemical basis of formation of reactive oxygen species in plant cell. In: GUPTA, S. D. Reactive oxygen species and antioxidants in higher plants. Enfield: Science Publishers, p. 1-30, 2010.
- Bione, M. A. A.; Paz, V. P. S.; Silva, F.; Ribas, R. F.; Soares, T. M. Crescimento e produção de manjerição em sistema hidropônico NFT sob salinidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n. 12, p.1228-1234, 2014.
- Brandão Filho, J. U. T.; Freitas, P. S. L.; Berian, L. O. S.; Goto, R. **Hortaliças-fruto**. Editora da Universidade Estadual de Maringá: EDUEM, p. 71-78. 2018.

- Carvalho, F. E. L.; Lobo, A. K. M.; Bonifacio, A.; Martins, M. O.; Lima Neto, M. C.; Silveira, J. A. G. Aclimação ao estresse salino em plantas de arroz induzida pelo pré-tratamento com H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 4, p. 416-423, 2011.
- Coelho, V. A. T.; Souza, C. G.; Nascimento, E. S.; Lacerda, L. G.; Cardoso, P. A. Caracterização de sintomas e crescimento em Abobrinha Italiana (*Cucurbita pepo* L.) sob carência de micronutrientes. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 3, e34932359, 2020.
- Costa, F. H. R.; Guilherme, J. M. S.; Barbosa, S. A.; Canjá, J. F.; Freire, M. H. C.; Sousa, G. G. Água salina e formas de adubação na cultura da abobrinha. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 13, n. 6, p. 3757 - 3764, 2019.
- Costa, L. F. da; Soares, T. M.; Silva, M. G. da; Modesto, F. J. N.; Queiroz, L. de A.; Pereira, J. S. de. Cauliflower growth and yield in a hydroponic system with brackish water. **Revista Caatinga**, v. 33, n. 4, p. 1060-1070, 2020.
- Couto, M. R. M.; Lúcio, A. D. C.; Lopes, S. J.; Carpes, R. H. Transformações de dados em experimentos com abobrinha italiana em ambiente protegido. **Ciência Rural**, v. 39, n. 6, p. 1701-1707, 2009.
- Deuner, S.; Alves, J. D.; Fries, D. D.; Zanandrea, I.; Lima, A. A.; Henrique, P. de C.; Goulart, P. F. P. Peróxido de hidrogênio e ácido ascórbico influenciando a atividade de enzimas antioxidantes de mudas de cafeeiro. **Ceres**, v. 55, n. 2, p. 135-140, 2008.
- Diniz, G. L.; Sales, G. N.; Valéria, F. D. O.; Andrade, F. H.; Silva, S. S.; Nobre, R. G. Produção de mudas de mamoeiro sob salinidade da água irrigação e adubação fosfatada. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, n. 1, p. 218-228, 2018.
- Felix, E. S.; Lima, W. B.; Silva, C. T.; Araújo, J. S.; Pereira, D. D.; Lira, E. C. Cultivo de palma forrageira (*Opuntia Stricta*) irrigada com água salinizada. **Brazilian Applied Science Review**, v. 2, n. 6, p.1869-1875, 2018.
- Flowers, T. J.; Läuchli, A. Sodium versus potassium: substitution and compartmentation. In *Encyclopedia of Plant Physiology, New Series*, Vol. 15B:

- Inorganic Plant Nutrition. Eds. A Läuchli and R L Bielecki. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg, p. 651–681. 1983.
- Fernandes, J. M. P.; Fernandes, A. L. M.; Dias, N. S.; Cosme, C. R.; Nascimento, L. V.; Queiroz, I. S. R. Salinidade da solução nutritiva na produção de alface americana em sistema hidropônico NFT. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 12, n. 3, p. 2570-2678, 2018.
- Ferreira, A. dos S.; Silva, D. A. S.; Demartelaere, A. C. F.; Preston, H. A. F.; Silva, T. P. de P.; Mata, T. C. da; Paiva, L. L. da; Ferreira, M. dos S.; Souza, J. B.; Medeiros, D. C. de. Efeito da adubação em mudas de Euterpe oleracea Mart no sistema hidropônico. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 3, p. 28496-28512, 2021.
- Ferreira, E. R.; Bezerra, L. A.; Oliveira, T. J. S. S.; Carvalho, J. P. de; Silva, R. de A. da. Benefícios do cultivo hidropônico em ambiente protegido. **Revista Conexão Eletrônica**, v. 14, n. 1, p. 485-491, 2017.
- Figueiredo, F. R. A.; Lopes, M. D. F. Q.; Silva, R. T. da; Nóbrega, J. S.; Silva, T. I. da; Bruno, R. D. L. A. Respostas fisiológicas de mulungu submetida a estresse salino e aplicação de ácido salicílico. **Brazilian Journal of Irrigation and Drainagem**, v. 24, n. 3, p. 662-675, 2019.
- Filgueira, F. A. R. **Novo manual de olericultura**. 3.ed. Viçosa: Editora UFV, 421p., 2008.
- Forman, H. J.; Maiorino, M.; Ursini, F. Funções de sinalização de espécies reativas de oxigênio. **Biochemistry**, v. 49, n. 5, p. 835-842, 2010.
- Freire, A. L.O.; Saraiva, V. P.; Miranda, J. R. P.; Bruno, G. B. Crescimento, acúmulo de íons e produção de tomateiro irrigado com água salina. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 31, n. 1, p. 1133-1143, 2010.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Número de estabelecimentos agropecuários e quantidade produzida, por produtos da horticultura –resultados preliminares 2018. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/21814->

2017-censo-agropecuário.html?=&t=resultados> Acesso em: 23 de novembro de 2021.

Gill, S. S.; Anjum, N. A.; Hasanuzzamna, M.; Gill, R.; Triveedi, D. K.; Ahmad, I.; Pereira, E.; Tuteja, N. Glutathione and glutathione reductase: A boon in disguise for plant abiotic stress defense operations. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 70, p. 204-212, 2013.

Gondim, F. A.; Gomes-Filho, E.; Marques, E. C.; Prisco, J. T. Efeitos do H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> no crescimento e acúmulo de solutos em plantas de milho sob estresse salino. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 2, p. 373-381, 2011.

Kovda, V. A.; Yaron, B.; Shalhevet, Y. Quality Of Irrigation Water. In: Kovda, V. A., Berg, C. V., Hagan, R. M. (org.). **International source book on irrigation, drainage and salinity**, p. 177-205, 1973.

Lemes, E. S.; Meneghello, G. E.; Oliveira, S. D.; Mendonça, A. O. D.; Neves, E. H. D.; Aumonde, T. Z. Salinidade na cultura do arroz irrigado: características agronômicas e qualidade de sementes. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, n. 4, p. 131-140, 2018.

Lira, R. M.; Silva, Ê. F. F.; Willadino, L.; Oliveira Filho, R. A.; Andrade, G. R. Activity of antioxidative enzymes in watercress and Chinese cabbage plants grown under hydroponic system with brackish water. **Revista Horticultura Brasileira**, v. 36, n. 2, p. 205-210, 2018.

Loureiro, J. P. B.; Gonçalves, C. M.; Sarges, D. B. A.; Rocha, J. T. N.; Frazão, J. C. S.; Santos, L. S.; Silva, V. S. Comparação sobre a viabilidade econômica de sistemas de produção de hortaliças hidropônicas com diferentes níveis de tecnologia, nos municípios de Concórdia do Pará e Tomé-Açu-PA. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 11, p. 24607-24621, 2019.

Matos, F. S.; Oliveira, C. S.; Gomes, I. S.; Pacheco, J. S.; Ribeiro, D. Disponibilidade de cálcio e crescimento de mudas de eucalipto sob estresse salino. **Revista Agrarian**, v. 11, n. 42, p. 299-306, 2018.

- Matos, J. P. de; Correia, E. C. S. S.; Monteiro, R. N. F.; Domingues Neto, F.; Silva, D. P. da. Floração e rendimento de frutos da abobrinha italiana ‘daiane’ sob aplicação de regulador vegetal e fertilizante. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 11, n. 1, p. 107-115, 2017.
- Melo Filho, V. C.; Vieira, A. S.; Medeiros, A. C.; Moreira, A. R.; Maracaja, P. B. Análise da pegada hídrica no perímetro irrigado de São Gonçalo, localizado no sertão paraibano. **Revista Interdisciplinar e do Meio Ambiente**, v. 1, n. 1, p. 14-24, 2019.
- Medeiros, J. F. Qualidade da água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo "GAT" nos Estado do RN, PB e CE. Campina Grande: UFCG. 1992. 196 f. Dissertação Mestrado.
- Ó, L. M. G. do; Cova, A. M. W.; Gheyi, H. R.; Silva, N. D. da; Azevedo Neto, A. D. de. Production And Quality Of Mini Watermelon Under Drip Irrigation With Brackish Water. **Revista Caatinga**, v. 33, n. 3, p. 766 –774, 2020.
- Oliveira, A. J.; Garrido, W. E.; Araújo, J. D.; Lourenço, S. **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo**. Brasília: EMBRAPA-SEA, 392 p., 1991.
- Oliveira, W. J.; Souza, E. R.; Santos, H. R. B.; França, Ê. F.; Duarte, H. H. F.; Melo, D. V. M. Fluorescência da clorofila como indicador de estresse salino em feijão caupi. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 12, n. 3, p. 2592, 2018.
- Pacheco, A. B. Nutrigação de abobrinha italiana em ambiente protegido. Piracicaba: USP. 2019. 76 f. Tese Doutorado.
- Paulus, D.; Paulus, E.; Nava, G. A.; Moura, C. A. Crescimento, consumo hídrico e composição mineral de alface cultivada em hidroponia com águas salinas. **Revista Ceres**, v. 59, n.1, p. 110-117, 2012.
- Pereira, F. A. D. L.; Medeiros, J. F. D.; Gheyi, H. R.; Dias, N. D. S.; Preston, W.; Vasconcelos, C. B. Tolerance of melon cultivars to irrigation water salinity. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, n. 12, p. 846-851, 2017.
- Putti, F. F.; Silva, A. O. da; Junior, J. F. S.; Gabriel Filho, L. R. A; Klar, A. E. Crescimento e produção da abobrinha sob irrigação com água salobra. **Irriga**, v. 23, n. 4, p. 713-726, 2018.

- Reges, K. D. S. L.; Viana, T. V. A.; Sousa, G. G. de; Santos, F. S. S.; Lacerda, C. F.; Azevedo, B. M. Estresse salino em plantas de pimentão em sistema semi-hidropônico sob fertilização orgânica e mineral. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 11, n. 6, p. 1813-1824, 2017.
- Sanches, A. G. Índice de maturação fisiológica em sementes de híbrido de abobrinha italiana em função da idade de colheita. **Revista Trópica: Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 9, n. 1, p. 41- 49, 2017.
- Santos, L. J. S. S.; Divincula, J. S.; Santos, L. A.; Vieira, J. H.; Carneiro, P. T. Efeito da salinidade na produção de mudas de pimentão. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 5, p. 29354-29363, 2020.
- Santos, R. S. da S.; Dias, N. da S.; Sousa Neto, O. N. de; Gurgel, M. T. Uso do rejeito da dessalinização de água salobra no cultivo da alface (*Lactuca sativa* L.) em sistema hidropônico NFT. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 4, p. 983-989, 2010.
- Santos, V. R.; Sousa, G. G.; Saraiva, L. E. S.; Cardoso, E. R. C.; Pereira Filho, J. V.; Viana, T. V. A. Atributos químicos do solo em área cultivada com milho sob irrigação com água salina. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 12, n. 7, p. 3129-3138, 2018.
- Sausen, D.; Ferreira, C. R. L.; Lopes, S. C. D.; Marques, L. P.; Souza, A. J. M. de; Alves, E. C. G. de A.; Patrocínio, E. S. A. do; Cordeiro, K. A. S. Cultivo fora do solo: uma alternativa para áreas marginais. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 3, p. 14888-14903, 2020.
- Schossler, T. R.; Machado, D. M.; Zuffo, A. M.; Andrade, F. D.; Piauilino, A. C. Salinidade: efeitos na fisiologia e na nutrição mineral de plantas. **Revista Enciclopédia Biosfera**, v. 8, n. 15, p. 1563-1578, 2012.
- Schroeder, J. I.; Kwak, J. M.; Allen, G. J. Guard cell abscisic acid signaling and engineering drought hardiness in plants. **Nature**, v. 410, n. 6826, p. 327–330, 2001.
- Silva Júnior, E. G.; Silva, A. F. da; Lima, J. da S.; Silva, M. de 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**, v. 52, n. 12, p. 1149-1157, 2017.
- Silva, A. A. R. da; Lima, G. S. de; Azevedo, C. A. V. de; Gheyi, H. R.; Souza, L. de P.; Veloso, L. L. da S. A. Gas exchanges and growth of passion fruit seedlings under salt stress and hydrogen peroxide. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 49, e55671, 2019.
- Silva, A. A. R.; Lima, G. S. de; Azevedo, C. A.; Veloso, L. L.; Gheyi, H. R.; Soares, L. A. dos A. Salt stress and exogenous application of hydrogen peroxide on photosynthetic parameters of soursop. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 23, n. 4, p. 257-263, 2019.
- Silva, C. B. da; Santos, M. A. L. dos; Santos, D. P. dos; Santos, C. G. dos; Santos, V. R. dos; Sá, M. B. de; Júnior, W. Q. B. Yield of lettuce grown in the field and protected environment in response to irrigation depths and saline levels. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 10, e8549109143, 2020.
- Silva, E. N.; Silveira, J. A. G.; Rodrigues, C. R. F.; Lima, C. S. de; Viégas, R. A. Contribuição de solutos orgânicos e inorgânicos no ajustamento osmótico de pinhão-mansão submetido à salinidade. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 5, p.437-445, 2010.
- Silva, J. R. I.; Jardim, A. L. R. F.; Neto, J. B.; Leite, M. L. M. V.; Teixeira, V. I. Estresse salino como desafio para produção de plantas forrageiras. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v.11, n.3, p.127-139, 2018.
- Silva, E. N.; Ribeiro, R. V.; Ferreira-Silva, S. L.; Viégas, R. A.; Silveira, J. A. G. Salt stress induced damages on the photosynthesis of physic nut young plants. **Scientia Agricola**, v. 68, n. 1, p. 62-68, 2011.
- Silva, E. C. A.; Lucena, P. G. C.; Nascimento, R. M.; Santos, C. A.; Araújo, R. P. S.; Nogueira, R. J. M. C. Mecanismos bioquímicos em *Moringa oleifera* Lam. para tolerância à salinidade. **Acta Iguazu**, v. 6, n. 1, p. 54-71, 2017.

- Soares, T. M.; França, Ê. F. de; Duarte, S. N.; Melo, R. F.; Jorge, C. de A.; Bonfim-Silva, E. M. Produção de alface utilizando águas salinas em sistema hidropônico. **Brazilian Journal of Irrigation and Drainage**, v. 12, n. 2, p. 235-248, 2007.
- Sousa, A. B. O.; Farias, F. C.; Bezerra, M. A. Crescimento inicial de plantas enxertadas de cajueiro anão precoce, irrigadas com água salina. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 13, n. 2, p. 3380 - 3389, 2019.
- Sousa, B. E. L.; Sousa, G. G.; Mendonça, A. M.; Santos, M. F.; Silva Junior, F. B.; Moraes, J. G. L. Irrigação com água salina e uso de substratos na cultura do feijão-caupi. **Nativa**, v. 9, n. 1, p. 86-91, 2021.
- Souza, M. W. de L.; Torres, S. B.; Oliveira, F. D. A. de; Marques, I. C. da S.; Pereira, K. T.; Guimarães, Í. T. Saline-water irrigation and plant growth regulator application on zucchini fruit yield and quality. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 24, n. 10, p. 679-684, 2020.
- Souza, M. W. de L.; Oliveira, F. de A. de; Torres, S. B.; Neta, M. L. de S.; Sá, F. V. da S.; Leal, C. C. P. Exogenous application of biostimulant in zucchini (*Cucurbita pepo* L.) subjected to salt stress. **Revista Ciência Agronômica**, v. 51, n. 3, e20207116, 2020.
- Souza, M. W. de L. Bioestimulante como atenuador de estresse salino na cultura da abobrinha italiana (cucurbita pepo l.). Mossoró: UFERSA, 2018. 98 f. Dissertação Mestrado.
- Souza, P. P.; Brito Junior, V. R; Influência da adubação orgânica e mineral no desenvolvimento inicial na cultura da abobrinha-italiana (*Cucurbita pepo* L.). **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, v. 2, n. 3, p. 133-145, 2018.
- Taiz, L.; Zeiger, E.; Moller, I. M.; Murphy, A. Fisiologia e desenvolvimento vegetal. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 858p. 2017.
- Torres, E. C. M.; Freire, J. L. O.; Oliveira, J. L.; Bandeira, L. B.; Melo, D. A.; Silva, A. L. Biometria de mudas de cajueiro anão irrigadas com águas salinas e uso de atenuadores do estresse salino. **Revista Nativa**, v. 2, n. 2, p. 71-78, 2014.

Vilela Junior, L. V.; Araújo, J. A. de; Factor, T. L. Estudo da utilização do efluente de biodigestor no cultivo hidropônico do meloeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, n. 1, p. 72-79, 2003.

## **CAPÍTULO II**

---

### **PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO E SOLUÇÃO NUTRITIVA SALINA NO CULTIVO HIDROPÔNICO DE ABOBRINHA ITALIANA**

## PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO E SOLUÇÃO NUTRITIVA SALINA NO CULTIVO HIDROPÔNICO DE ABOBRINHA ITALIANA

**Resumo:** A água salina vem sendo utilizada na irrigação devido à disponibilidade limitada de água doce, principalmente em regiões áridas e semiáridas. No entanto, o uso deste tipo de água pode afetar o crescimento e desenvolvimento das culturas. Alguns estudos têm testado o uso de condicionadores químicos a fim de minimizar os efeitos negativos provocados pela salinidade nas plantas. Nesse contexto, este estudo teve como objetivo avaliar o papel do peróxido de hidrogênio como mitigador dos efeitos negativos do estresse salino em plantas de abobrinha italiana cultivadas em sistema hidropônico. O trabalho foi conduzido em casa de vegetação, em Pombal – PB. O sistema de cultivo utilizado foi o hidropônico tipo NFT - Técnica de Fluxo Laminar de Nutriente. O delineamento experimental foi inteiramente casualizados, em esquema fatorial 4 x 4, sendo quatro níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva - CEs<sub>n</sub> (2,1 (controle); 3,6; 5,1 e 6,6 dS m<sup>-1</sup>), e quatro concentrações de peróxido de hidrogênio – H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (0; 20; 40 e 60 μM), com 3 repetições. A pulverização de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> na concentração de 60 e 40 μM sob a solução nutritiva com condutividade elétrica de 2,1 dS m<sup>-1</sup> promoveu aumento no diâmetro do caule e comprimento da raiz, respectivamente, em abobrinha italiana cultivado hidroponicamente, aos 47 dias após o transplantio. Contudo, em soluções nutritivas com condutividade elétrica superior a 2,1 dS m<sup>-1</sup> a aplicação de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> em concentrações de 60 e 40 μM intensificou o estresse salino, reduzindo o diâmetro de caule e o comprimento das raízes. A salinidade da solução nutritiva acima de 2,1 dS m<sup>-1</sup> reduz os pigmentos fotossintéticos, o número de folhas, área foliar, o comprimento do ramo principal, fitomassa seca do caule, de folhas e de raiz da abobrinha italiana, sendo os teores de clorofila *b* e carotenoides as variáveis mais sensíveis.

**Palavras-chave:** *Cucurbita pepo* L., salinidade, tolerância cruzada, EROs

## HYDROGEN PEROXIDE AND SALINE NUTRIENT SOLUTION IN HYDROPONIC CULTIVATION OF ITALIAN ZUCCHINI

**Abstract:** Saline water has been used in irrigation due to the limited availability of fresh water, mainly in arid and semi-arid regions. However, utilization of these types of

water can affect crop growth and development. Some studies have tested the use of chemical conditioners to minimize the negative effects caused by salinity in plants. In this context, this study aimed to evaluate the role of hydrogen peroxide as a mitigator of the negative effects of salt stress on zucchini plants grown in a hydroponic system. The study was conducted in a greenhouse, in Pombal - PB. The cultivation system used was the hydroponic type NFT – Nutrient Laminar Flow Technique. The experimental design was completely randomized, in a 4 x 4 factorial scheme, with four levels of the electrical conductivity of nutrient solution - ECns (2.1 - control), 3.6, 5.1, and 6.6 dS m<sup>-1</sup>), and four concentrations of hydrogen peroxide - H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (0, 20, 40, and 60 μM), with 3 replicates. The spraying of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> at a concentration of 60 and 40 μM under the nutrient solution with electrical conductivity of 2.1 dS m<sup>-1</sup> promoted an increase in stem diameter and root length, respectively, in zucchini cultivated hydroponically, at 47 days after transplant. However, in nutrient solutions with electrical conductivity higher than 2.1 dS m<sup>-1</sup>, the application of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> at concentrations of 60 and 40 μM intensified the saline stress, reducing the stem diameter and the root length. The salinity of the nutrient solution above 2.1 dS m<sup>-1</sup> reduces the photosynthetic pigments, the number of leaves, leaf area, the length of the main branch, dry phytomass of the stem, leaves and root of zucchini, with the contents being of chlorophyll b and carotenoids the most sensitive variables.

**Key words:** *Cucurbita pepo* L., salinity, cross tolerance, ROS

## 1. INTRODUÇÃO

O manejo inadequado de água salina no semiárido brasileiro em conjunto com baixa precipitação pluvial, altas temperaturas e evaporação da água do solo é agravante para o acúmulo de sais, o que pode tornar o solo improdutivo. Pois, os solos da região são jovens e propícios à salinização, principalmente no período de escassez hídrica que é quando os agricultores recorrem às fontes alternativas de água, como poços artesianos e açudes que geralmente contêm altos teores de sais dissolvidos devido à geologia e condições climáticas (SANTOS et al., 2016; PAIVA et al., 2019).

O excesso de sais na água e/ou no solo reduz o crescimento e o desenvolvimento das plantas, restringe a absorção de água e nutrientes devido ao fechamento parcial dos estômatos. O acúmulo de sódio e cloreto nos tecidos desencadeia o efeito de íons

tóxicos que danifica o citoplasma, afetando as funções bioquímicas e fotossintéticas, podendo torna esse processo irreversível e levar a senescência das plantas (LIMA et al., 2016; TAVARES FILHO et al., 2020).

A alternativa para o uso da água salina com menor impacto ambiental é a implantação de hidroponia do tipo fluxo laminar de nutriente (NFT). Dentre os benefícios, destaca-se a possibilidade de produzir o ano todo, controlar a condutividade elétrica da solução nutritiva salina e o pH, redução do uso de defensivos químicos, proporcionar maior eficiência do uso da água e planejamento do descarte do rejeito adequadamente (FERNANDES et al., 2018).

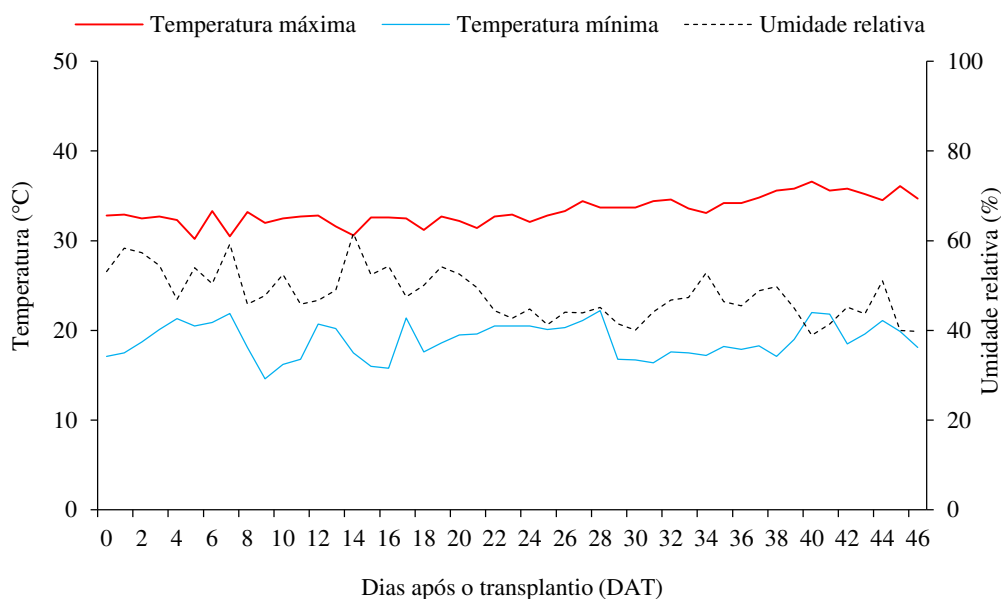
No caso da abobrinha, a tolerância à salinidade de água na fase de formação de mudas chega até 4,0 dS m<sup>-1</sup> (AMORIM, 2016). Contudo, o efeito dos sais nas espécies vegetal varia conforme o genótipo, fase de desenvolvimento da cultura, condições climáticas, manejo da irrigação e tempo de exposição do estresse (BEZERRA et al., 2018; SÁ et al., 2018; SOARES et al., 2021) Apesar de existir indicação de nível de salinidade limiar para a cultura da abobrinha, há divergência quanto a sua tolerância. Ressalta-se que esses níveis de salinidade limiar são adotados para o cultivo tradicional em solo. Assim, o desenvolvimento de pesquisas com essa olerícola sob condições hidropônicas, sobretudo utilizando águas salobras é importante para oferecer ao agricultor à sustentabilidade dos cultivos no semiárido do Nordeste brasileiro.

Outra alternativa que pode ser utilizada para viabilizar o uso de águas com elevados teores de sais é a aplicação exógena de peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>). O peróxido de hidrogênio atua como sinalizador metabólico, este é capaz de desencadear reações relacionadas com a via das proteínas cinases ativadas por mitógeno (MAPK), assim induzindo nas plantas a tolerância a diferentes estresses através da expressão de genes relacionados com o sistema de defesa (SAXENA et al., 2016). O efeito do peróxido de hidrogênio nas culturas sob estresse salino, seja via pré-tratamento de semente ou pulverização foliar, têm sido estudado em culturas como milho (SILVA et al., 2016), maracujazeiro (SILVA et al., 2021) e gravioleira (VELOSO et al., 2021; SILVA et al., 2021), enquanto estudos similares para a cultura da abobrinha italiana ou família Cucurbitaceae são escassos.

Diante do exposto, objetivo deste estudo foi avaliar o papel do H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> como atenuador dos efeitos negativos do estresse salino no crescimento e pigmentos fotossintéticos de abobrinha italiana cultivar Caserta cultivada em sistema hidropônico NFT.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido durante o período de julho a agosto de 2020 em casa de vegetação, pertencente ao Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), em Pombal, PB, situado pelas coordenadas geográficas 6°46'13'' de latitude Sul, 37°48'6'' de longitude Oeste e altitude média de 184 m. Os dados médios de temperatura máxima e mínima e umidade relativa do ar durante o período de condução do experimento estão dispostos na Figura 1.



**Figura 1.** Dados médios externo da casa de vegetação de temperatura média máxima e mínima e umidade relativa do ar durante a condução do experimento.

Os tratamentos foram constituídos de quatro níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva - CEs<sub>n</sub> (2,1 (controle); 3,6; 5,1 e 6,6 dS m<sup>-1</sup>), e quatro concentrações de peróxido de hidrogênio – H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (0; 20; 40 e 60 μM) aplicados via pulverização foliar, distribuídos no delineamento inteiramente casualizados, arranjos em esquema fatorial 4 × 4, com 3 repetições. Devido à ausência de estudos com H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> na cultura da abobrinha italiana cultivar Caserta e outras hortaliças, as concentrações utilizadas nesta pesquisa foram baseadas em trabalhos realizados com caju (SOUZA et al., 2019) e graviola (VELOSO et al., 2020), enquanto os níveis salinos da solução nutritiva foram baseados no trabalho de Putti et al., 2018.

O sistema hidropônico foi do tipo Técnica de Fluxo Laminar de Nutriente - NFT, confeccionado com cano de policloreto de vinil (PVC) de 100 mm de diâmetro e com



seis metros de comprimento. Nos canais o espaçamento entre plantas foi de 0,50 m e 1,0 m entre os tratamentos.

Os canais foram apoiados em cavaletes com altura de 0,60 m com uma inclinação de 4% para o escoamento da solução nutritiva. Na cota mais baixa de cada bancada do sistema hidropônico, encontrava uma caixa de polietileno de 150 L com a finalidade de coletar e conduzir a solução nutritiva até os canais. A solução nutritiva foi injetada nos canais de cultivo por bomba com potência de 35 W, na vazão de 3 L min<sup>-1</sup>. A circulação da solução nutritiva foi programada por um temporizador, com fluxo intermitente de 15 minutos a cada hora. A solução nutritiva utilizada foi a proposta por Hoagland e Arnon (1950), cuja composição de nutrientes químicos esta apresentada na Tabela 1 que resultou na condutividade elétrica de 2,1 dS m<sup>-1</sup>.

**Tabela 1:** Composição química dos nutrientes presentes da solução nutritiva geral indicada por Hoagland & Arnon (1950), utilizada no cultivo hidropônico da abobrinha italiana cultivar Caserta.

Elementos	mg L <sup>-1</sup> - Solução completa	Fertilizantes	g L <sup>-1</sup> de solução nutritiva
N	210	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	136,09
P	31	KNO <sub>3</sub>	101,10
K	234	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> .4H <sub>2</sub> O	236,15
Ca	200	MgSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	246,49
Mg	48	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	3,10
S	64	MnSO <sub>4</sub> .4H <sub>2</sub> O	1,70
B	0,5	ZnSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	0,22
Mn	0,5	CuSO <sub>4</sub> .5H <sub>2</sub> O	0,75
Zn	0,05	(NH <sub>4</sub> ) <sub>6</sub> Mo <sub>7</sub> O <sub>24</sub> . 4H <sub>2</sub> O	1,25
Cu	0,02	FeSO <sub>4</sub>	13,9
Mo	0,01	EDTA – Na	13,9
Fe	5		
Na	1,2		
Cl	0,65		

Antes da semeadura, realizou-se a retirada dos tegumentos das sementes, que em seguida foram semeados em recipientes de polietileno com capacidade de 50 mL contendo esponja vegetal, onde os recipientes foram dispostos em bandejas. Antes da semeadura, as esponjas vegetais foram sanitizadas com hipoclorito (2 a 2,5%), lavadas e secas ao ar livre. Na fase de germinação até o surgimento da primeira folha verdadeira (dez dias após semeadura) utilizou solução nutritiva a concentração de 50% da recomendada. Após o surgimento da primeira folha verdadeira foi retirado à esponja

vegetal e efetuado o transplântio das mudas para o sistema hidropônico e passou-se a utilizar solução nutritiva na concentração plena (100%), conforme tratamento.

As soluções salinas usadas no cultivo foram obtidas mediante adição de sais de cloreto de sódio (NaCl), de cálcio ( $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) e de magnésio ( $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) a solução nutritiva preparada em água do sistema de abastecimento da cidade de Pombal-PB, sendo incorporadas na proporção equivalente de 7:2:1 respectivamente. Trata-se da proporção de Na, Ca e Mg comumente encontrada nas águas utilizadas para irrigação no semiárido do Nordeste brasileiro (Medeiros, 1992).

A substituição total da solução nutritiva ocorreu a cada oito dias para garantir a presença de nutrientes na concentração e proporção adequada; contudo, a condutividade elétrica e pH foram verificados diariamente, e sempre que necessário foi realizado o ajuste da solução através da adição de água de abastecimento com CEa de  $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ , mantendo sempre a CEsn conforme os tratamentos estabelecidos e o pH entre 5,5 e 6,5 mediante adição de 0,1 M KOH ou 0,1 M HCl. As plantas foram tutoradas verticalmente, e quando necessário foi realizado os tratos fitossanitários.

Embora pesquisas tenham concluído que a reconstituição da solução nutritiva é viável para cultivos comerciais. Em condições experimentais, com múltiplos fatores como tratamentos, há necessidade de garantia que a solução nutritiva inicial seja mantida durante todo período experimental com as mesmas características, para que os efeitos verificados sejam atribuídos apenas aos tratamentos aplicados. Como as plantas geralmente absorvem mais água que nutrientes, há uma tendência de aumento da CEsn ao longo do tempo, sendo necessária a reposição da água evapotranspirada com água de abastecimento para manutenção da CEsn. Além disso, a proporção absorvida de cada nutriente da solução nutritiva pode variar a depender do estágio de desenvolvimento das plantas, das condições ambientais. Com isso, para garantir que todos os nutrientes estejam nas concentrações e proporções adequadas e a manutenção do equilíbrio de íons na solução é importante à realização da troca da solução nutritiva (JONES, 1982).

A solução estoque do  $\text{H}_2\text{O}_2$  foi obtida pela diluição do  $\text{H}_2\text{O}_2$  – 30% em água deionizada, armazenada em recipientes plástico revestido com papel alumínio e conservada em ambiente condicionado com temperatura  $< 23^\circ\text{C}$ . Antes do preparo de cada solução foi verificada a concentração de  $\text{H}_2\text{O}_2$  em função da facilidade de degradação na presença de luz, através de leitura em espectrofotômetro a 240 nm. Após o transplântio, as plantas receberam, conforme tratamento, a aplicação exógena do peróxido de hidrogênio via pulverização foliar com início ao anoitecer, sendo realizada

de forma manual com um borrifador, visando obter o molhamento completo das folhas (faces abaxial e adaxial), em intervalo de 10 dias a partir de 48 horas após transplântio e 72 horas antes do início da aplicação da solução nutritiva salina, conforme seus respectivos tratamentos, totalizando três aplicações. O volume médio aspergido nas folhas de abobrinha foi 12 mL por planta a cada aplicação. Durante aplicação dos tratamentos, foi utilizada uma estrutura de papelão para evitar a deriva sobre as plantas vizinhas.

Avaliaram-se aos 35 dias após o transplântio (DAT) os pigmentos fotossintéticos: clorofila *a* (Cl *a*), *b* (Cl *b*), total (Cl *T*) e carotenoides (Car), conforme metodologia de Lichtenthaler (1987), utilizando 3 discos do tecido vegetal coletado da terceira folha de um ramo localizado na região mediana da copa. Os discos foram imersos em 80% de acetona e armazenado no escuro por 48 horas, em tubos hermeticamente fechados. Os extratos obtidos foram submetidos à leitura em um espectrofotômetro com comprimentos de onda de absorbância (ABS) 470, 646 e 663 nm. Os teores de clorofila *a*, *b*, total e carotenoides, foram estimados utilizando-se as Eqs. 1, 2, 3 e 4 e expressos em mg g<sup>-1</sup> de matéria fresca (MF).

$$(Cl\ a) = 12,21\ ABS_{663} - 2,81\ ABS_{646} \quad (1)$$

$$(Cl\ b) = 20,13\ ABS_{646} - 5,03\ ABS_{663} \quad (2)$$

$$(Car) = (1000\ ABS_{470} - 1,82\ Cl\ a - 85,02\ Cl\ b) / 198 \quad (3)$$

$$(Cl\ T) = 17,3\ ABS_{646} + 7,18\ ABS_{663} \quad (4)$$

Aos 47 dias após o transplântio foi avaliado o crescimento das plantas pelo comprimento do ramo principal – CRP (cm), obtido pela distância entre o colo e a inserção do meristema apical. A área foliar total– AF (cm<sup>2</sup>) foi determinada mediante largura (L) das folhas que apresentavam comprimento mais de 5 cm e foi determinada pela Eq. 5, de acordo com Fialho et al. (2011):

$$AF = \sum 47,3647 + 0,6211L^2 \quad (5)$$

O número de folhas – NF foi obtido a partir da contagem das folhas. O diâmetro do caule – DC (mm) foi mensurado acima do sistema hidropônico, com uso de paquímetro digital. O comprimento da raiz – CR (cm) foi medido com o uso de régua graduada através da distância entre o colo da planta até o ápice da maior raiz, após a retirada cuidadosa de sistema radicular da calha. O volume de raiz – VL (cm<sup>3</sup>), foi mensurado de acordo com Basso (1999), colocando-se as raízes em proveta graduada, contendo um volume conhecido de água e através da diferença, obteve-se resposta direta do volume de raízes.

Após as medidas biométricas, as plantas foram coletadas, separando-se as distintas partes e acondicionadas em sacos de papel devidamente identificados e levados para secagem em estufa de circulação de ar, mantida a 65 °C, até obtenção de peso constante; posteriormente obteve-se a fitomassa seca de folhas (FSF), de caule (FSC) e raiz (FSR) através de pesagem em balança semi-analítica de precisão de 0,001 g.

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ao nível de 0,05 de probabilidade e, quando significativo, realizou-se análise de regressão polinomial (linear e quadrática) para a condutividade elétrica da solução nutritiva e para as concentrações de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, utilizando-se do software estatístico SISVAR - ESAL (FERREIRA, 2014). Devido à heterogeneidade dos dados de pigmentos fotossintéticos, verificados através dos testes de normalidade e homogeneidade de variâncias, dados referentes os teores de pigmentos fotossintéticos (Cl *a*, Cl *b*, Cl *T* e carotenoides) foram transformados em  $\sqrt{x}$ .

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A salinidade da solução nutritiva afetou significativamente os teores de pigmentos fotossintéticos (Cl *a*, Cl *b*, Cl *T* e carotenoides), (Tabela 2). Enquanto, o H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> e a interação entre os fatores (CEsn × H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) não influenciaram de forma significativa em nenhuma das variáveis analisadas da abobrinha italiana cultivar Caserta, aos 35 DAT.

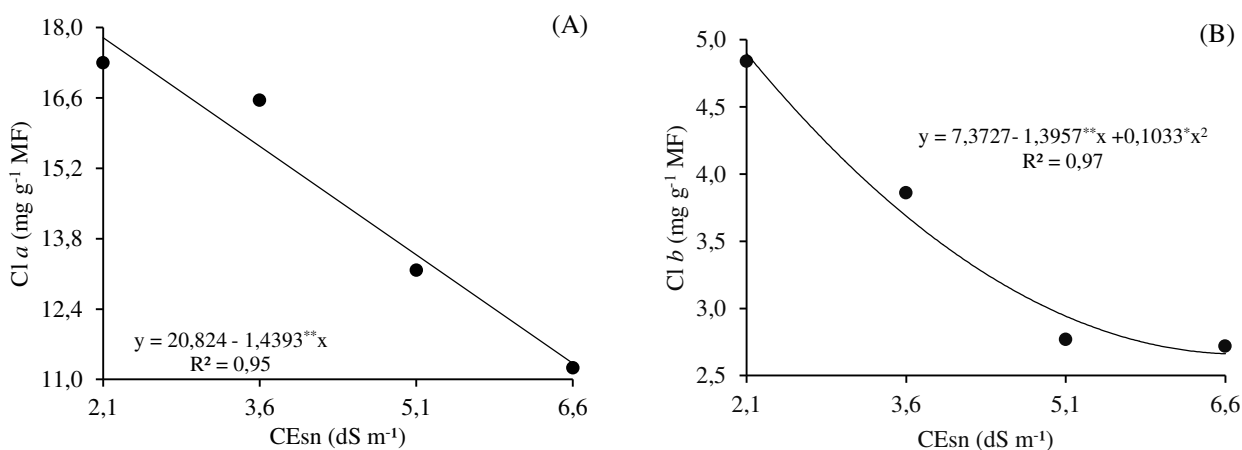
**Tabela 2:** Resumo da análise de variância da clorofila *a* (Cl *a*, mg g<sup>-1</sup> MF), clorofila *b* (Cl *b*, mg g<sup>-1</sup> MF), clorofila Total (Cl *T*, mg g<sup>-1</sup> MF) e carotenoides (Car, mg g<sup>-1</sup> MF) das plantas de abobrinha italiana cultivar Caserta cultivada com solução nutritiva salina (CEsn) e aplicação exógena de peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) em sistema hidropônico, aos 35 dias após o transplântio.

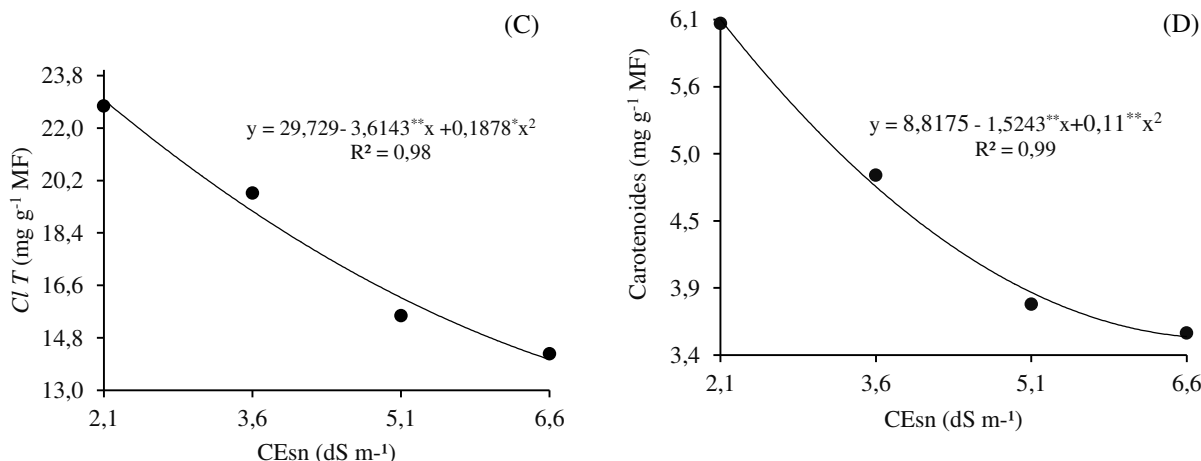
Fontes de variação	GL	Quadrado Médio			
		Cl <i>a</i> <sup>1</sup>	Cl <i>b</i> <sup>1</sup>	Cl <i>T</i> <sup>1</sup>	Car <sup>1</sup>
Solução nutritiva salina (CEsn)	3	130,47**	17,02**	234,05**	21,83**
Regressão Linear	1	372,53**	33,33**	534,26**	45,14**
Regressão Quadrática	1	5,63 <sup>ns</sup>	15,03*	123,59*	15,79**
Peróxido de hidrogênio(H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )	3	3,90 <sup>ns</sup>	0,38 <sup>ns</sup>	10,39 <sup>ns</sup>	1,50 <sup>ns</sup>
Regressão Linear	1	3,61 <sup>ns</sup>	0,96 <sup>ns</sup>	5,90 <sup>ns</sup>	1,46 <sup>ns</sup>
Regressão Quadrática	1	4,21 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	11,42 <sup>ns</sup>	1,98 <sup>ns</sup>
Interação (CEsn x H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )	9	18,44 <sup>ns</sup>	1,08 <sup>ns</sup>	19,36 <sup>ns</sup>	1,37 <sup>ns</sup>
CV		14,88	15,23	14,69	14,03

ns, \*, \*\*, respectivamente não significativos e significativo a  $p < 0,05$  e  $< 0,01$ ; CV= coeficiente de variação. <sup>1</sup>Dados transformados em  $\sqrt{x}$ .

Os teores de clorofila *a* das plantas de abobrinha italiana reduziram linearmente com o incremento dos níveis da CEs<sub>n</sub>, sendo a redução de 6,91% por aumento unitário da salinidade (Figura 2A). Enquanto, os teores de clorofila *b* e *total* se ajustaram ao modelo quadrático (Figura 2B e 2C), com os valores máximos estimados de 4,89 e 22,96 mg g<sup>-1</sup> MF, respectivamente, obtidos quando as plantas foram cultivadas com CEs<sub>n</sub> 2,1 dS m<sup>-1</sup>. As plantas submetidas à CEs<sub>n</sub> de 6,6 dS m<sup>-1</sup> tiveram uma diminuição nos teores de Cl *a*, *b* e total de 6,48, 2,23 e 8,91 mg g<sup>-1</sup> MF, respectivamente, em relação as que receberam o menor nível de salinidade na solução nutritiva. Normalmente em plantas sensíveis ao estresse salino, o acúmulo de sais nos tecidos foliares resulta na degradação da clorofila, restringindo a atividade fotossintética e a produção de proteínas de pigmentação da planta, ocasionada pela ativação da enzima clorofilase (NÓBREGA et al., 2020).

A salinidade da solução nutritiva reduziu de forma quadrática os teores de carotenoides das plantas de abobrinha italiana (Figura 2D), com diminuição de 41,96% ao comparar as plantas submetidas a CEs<sub>n</sub> de 6,6 dS m<sup>-1</sup> em relação as que receberam o menor nível salino (2,1 dS m<sup>-1</sup>). A redução nos teores de carotenoides ocorre devido à degradação do β-caroteno ocasionado pela foto-oxidação, levando a danos fotossintéticos e, por conseguinte, diminuição no crescimento das plantas (DIAS et al., 2019). Melo et al. (2017), estudando a cultura do pimentão irrigado com água de condutividade elétrica de 0 a 9 dS m<sup>-1</sup> em solo sob condições de ambiente protegido, também verificaram que o aumento da salinidade da água resultou em inibição na síntese de clorofila *a*, *b* e carotenoides, cujos decréscimos foram 5,06, 4,79 e 4,41% por aumento unitário da CEa..





**Figura 2:** Teores de clorofila *a* - Cl *a* (A), clorofila *b* - Cl *b* (B), Total - Cl *T* (C) e carotenoides (D) das plantas de abobrinha italiana cultivar Caserta em função dos níveis salinos da solução nutritiva – CEsn, em cultivo hidropônico, aos 35 dias após transplantio.

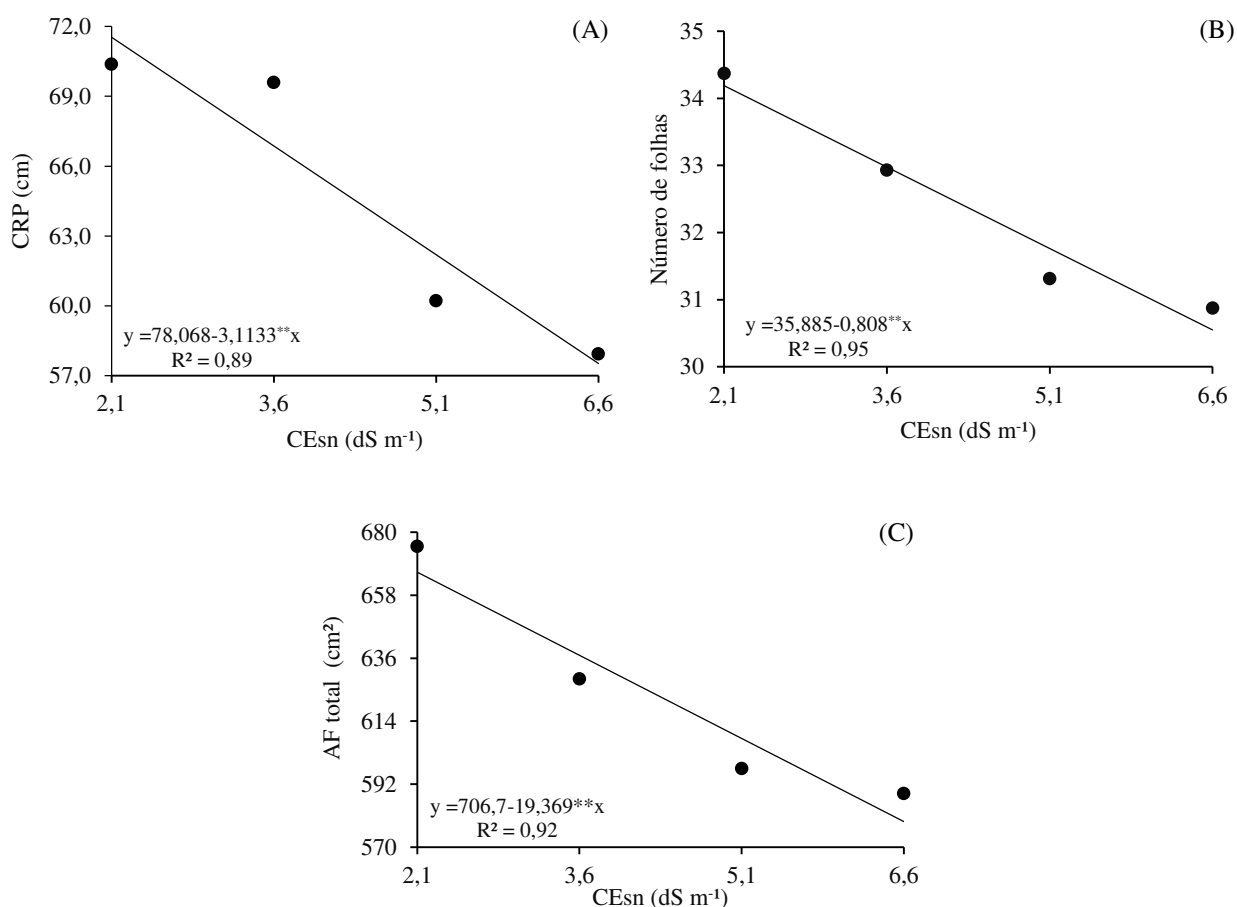
Aos 47 dias após o transplantio, houve efeito significativo da interação entre solução nutritiva salina (CEsn) e peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) apenas para as variáveis diâmetro do caule – DC e comprimento da raiz – CR das plantas de abobrinha italiana cultivar Caserta (Tabela 3); neste mesmo período verificou-se efeito isolado da condutividade elétrica da solução nutritiva nas demais variáveis analisadas.

**Tabela 3:** Resumo da análise de variância para o comprimento do ramo principal (CRP, cm), número de folhas (NF), área foliar total (AF, cm<sup>2</sup>), diâmetro do caule (DC, mm) e comprimento da raiz (CR, cm) das plantas de abobrinha italiana cultivar Caserta cultivada em solução nutritiva salina (CEsn) e aplicação exógena de peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) em sistema hidropônico, aos 47 dias após o transplantio.

Fontes de variação	GL	Quadrado Médio				
		CRP	NF	AF	DC	CR
Solução nutritiva salina (CEsn)	3	649,88**	41,04*	24404,29**	11,31*	335,93**
Regressão Linear	1	1743,77**	117,61**	67519,17**	30,87*	918,01**
Regressão Quadrática	1	9,00 <sup>ns</sup>	4,00 <sup>ns</sup>	5646,01 <sup>ns</sup>	0,57 <sup>ns</sup>	25,00 <sup>ns</sup>
Peróxido de hidrogênio (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )	3	58,19 <sup>ns</sup>	12,04 <sup>ns</sup>	4524,16 <sup>ns</sup>	15,75**	171,68**
Regressão Linear	1	172,57 <sup>ns</sup>	12,01 <sup>ns</sup>	12059,20 <sup>ns</sup>	39,08*	49,61 <sup>ns</sup>
Regressão Quadrática	1	0,062 <sup>ns</sup>	1,00 <sup>ns</sup>	1499,62 <sup>ns</sup>	7,29 <sup>ns</sup>	462,25**
Interação (CEsn x H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )	9	39,89 <sup>ns</sup>	19,97 <sup>ns</sup>	4892,88 <sup>ns</sup>	11,47**	85,67*
CV		11,56	11,39	10,54	10,30	5,90

ns, \*, \*\*, respectivamente não significativos e significativo a  $p < 0,05$  e  $< 0,01$ ; CV= coeficiente de variação.

A condutividade elétrica da solução nutritiva ocasionou redução linear no comprimento do ramo principal - CRP, no número de folha – NF e na área foliar total – AF da abobrinha italiana (Figura 3A, 3B e 3C), obtendo valores mínimos de 57,52 cm, 30,55 e 578,86 cm<sup>2</sup>, respectivamente, nas plantas submetidas à CEsn de 6,6 dS m<sup>-1</sup>. Esses valores foram respectivamente 19,59%, 10,64% e 13,08% menores em relação aos alcançados pelas plantas em tratamento controle. A diminuição no crescimento das plantas sob condições de estresse salino está associada à redução da absorção de água pelo fechamento parcial dos estômatos, ocasionado pelos efeitos osmóticos e iônicos que provocam alterações na taxa fotossintética e no metabolismo das plantas, inibindo o crescimento (SILVA JÚNIOR et al., 2017). O menor crescimento vegetativo também pode estar associado à redução da clorofila das plantas de abobrinha, o que afeta a fotossíntese e conseqüentemente reduz o crescimento das plantas de abobrinha italiana. Albuquerque et al. (2016) também observaram redução da altura de planta e número de folha com o aumento da salinidade ao estudar duas variedades de pepino irrigada com água de CEa 0,6 a 3,0 dS m<sup>-1</sup>.

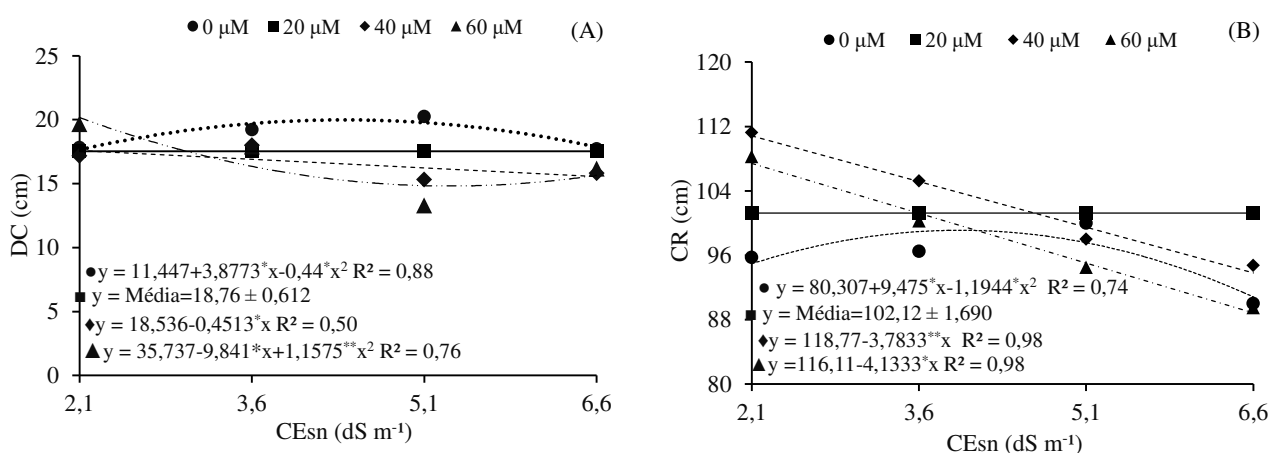


**Figura 3:** Comprimento do ramo principal (CRP), número de folhas (NF) e área foliar total (AF) das plantas de abobrinha italiana cultivar Caserta em função dos níveis

salinos da solução nutritiva – CEsn, em cultivo hidropônico, aos 47 dias após transplantio.

Para o diâmetro do caule (Figura 4A), verificou-se que as plantas submetidas às concentrações de 0, 40 e 60  $\mu\text{M}$ , obtiveram os maiores valores (19,98; 17,58 e 20,17 mm) quando receberam a CEsn de 4,4; 2,1 e 2,1  $\text{dS m}^{-1}$ . As plantas que receberam 20  $\mu\text{M}$  de  $\text{H}_2\text{O}_2$  obtiveram um valor médio de  $18,76 \pm 0,612$  mm. O aumento no diâmetro de caule, especialmente nas plantas que receberam 60  $\mu\text{M}$  de  $\text{H}_2\text{O}_2$  indica que o  $\text{H}_2\text{O}_2$  atuou de forma positiva no crescimento da planta com a solução nutritiva. Silva et al. (2016) relatam que o  $\text{H}_2\text{O}_2$  reage com proteínas, DNA, membranas lipídicas e carboidratos solúveis, o que induz a defesa da planta contribuindo no crescimento. No entanto, a solução nutritiva salina de condutividade elétrica de 6,6 e 4,3  $\text{dS m}^{-1}$  interagindo com as concentrações 40, 60  $\mu\text{M}$  de  $\text{H}_2\text{O}_2$  reduziu o diâmetro do caule.

A redução verificada nestes tratamentos é decorrente do aumento da salinidade, onde o efeito negativo pode ter sido intensificado por altas concentrações de  $\text{H}_2\text{O}_2$ , que por sua vez, pode contribuir para o aumento do estresse oxidativo (RANSY et al., 2020). O estresse oxidativo inibiu o alongamento/expansão das células, pois para manter a homeostase osmótica e iônica a planta depende de maior quantidade de energia, onde o fechamento parcial dos estômatos evita absorção e acúmulo excessivo de  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  nas células (MOURA et al., 2017).



Número  $\pm$  erro padrão (n = 4)

**Figura 4:** Diâmetro do caule – DC (A) e comprimento da raiz – CR (B) das plantas de abobrinha italiana cultivar Caserta em função da interação entre os níveis salinos da solução nutritiva - CEsn e aplicação exógena de peróxido de hidrogênio –  $\text{H}_2\text{O}_2$  em sistema hidropônico, aos 47 dias após o transplantio.



As soluções nutritivas com concentrações salinas de 2,1, 2,1 e 4,0 dS m<sup>-1</sup> promoveram os maiores comprimentos da raiz, sendo de 110,82, 107,43 e 99,09 cm em abobrinha italiana pulverizada com H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> nas concentrações de 40, 60 e 0 µM (Figura 4B), respectivamente. Enquanto, os menores comprimentos da raiz (90,81; 93,80 e 88,83 cm) foi verificado na CEs<sub>n</sub> de 6,6 dS m<sup>-1</sup> e concentrações de 0, 40 e 60 µM de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, respectivamente. Nas plantas que receberam a aplicação exógena de 20 µM de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> os dados não se ajustaram aos modelos de regressão, sendo o valor médio de 102,12 ±1,690 cm. O efeito positivo no comprimento da raiz observado nas concentrações de 40 e 60 µM de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> condiz com o exposto por Khan et al. (2018), onde o H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> induz a produção de compostos orgânicos e proteínas nas plantas, seja em condições de estresse ou ausência do estresse, atuando na atividade bioquímica e fisiológica desintoxicando as espécies reativas de oxigênio e ocasionando efeito positivo no funcionamento celular, crescimento e desenvolvimento das plantas.

Não houve efeito significativo da interação entre a salinidade da solução nutritiva e aplicação exógena de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> sobre as variáveis volume de raiz - VLR, fitomassa seca de folhas - FSF, de caule - FSC e de raiz - FSR (Tabela 4). Por outro lado, houve efeitos isolados da salinidade da solução nutritiva sobre a FSF, FSC e FSR e do H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> no acúmulo de FSF e FSR da abobrinha italiana, aos 47 dias após o transplantio (Tabela 4).

**Tabela 4:** Resumo da análise de variância para volume de raiz (VLR, cm<sup>3</sup>), fitomassa seca de folhas (FSF, g por planta), de caule (FSC, g por planta) e de raiz (FSR, g por planta) das plantas de abobrinha italiana cultivar Caserta cultivada com solução nutritiva salina (CEsn) e aplicação exógena de peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) em sistema hidropônico, aos 47 dias após o transplantio.

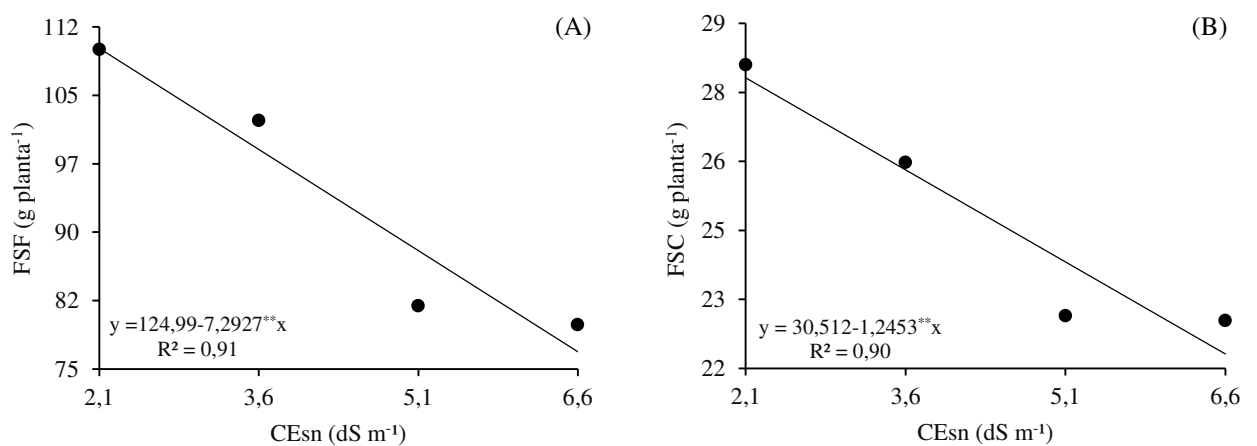
Fontes de variação	GL	VLR	Quadrado Médio		
			FSF	FSC	FSR
Solução nutritiva salina (CEsn)	3	2687,50 <sup>ns</sup>	3480,14 <sup>**</sup>	102,35 <sup>**</sup>	17,12 <sup>*</sup>
Regressão Linear	1	7411,25 <sup>ns</sup>	9574,03 <sup>**</sup>	279,09 <sup>**</sup>	50,75 <sup>**</sup>
Regressão Quadrática	1	100,00 <sup>ns</sup>	127,91 <sup>ns</sup>	14,12 <sup>ns</sup>	0,61 <sup>ns</sup>
Peróxido de hidrogênio (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )	3	3354,16 <sup>ns</sup>	1151,49 <sup>**</sup>	25,36 <sup>ns</sup>	17,29 <sup>*</sup>
Regressão Linear	1	845,00 <sup>ns</sup>	998,84 <sup>*</sup>	42,04 <sup>ns</sup>	0,51 <sup>ns</sup>
Regressão Quadrática	1	8556,25 <sup>ns</sup>	2454,70 <sup>**</sup>	17,44 <sup>ns</sup>	38,28 <sup>**</sup>
Interação (CEsn x H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )	9	3316,66 <sup>ns</sup>	119,89 <sup>ns</sup>	27,35 <sup>ns</sup>	6,92 <sup>ns</sup>
CV		7,06	15,47	17,63	17,38

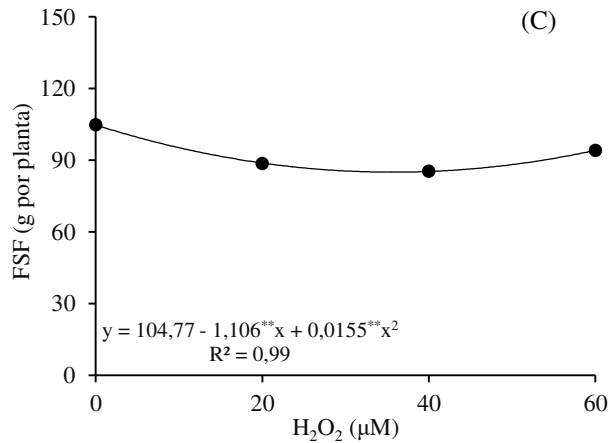
ns, \*, \*\*, respectivamente não significativos e significativo a p < 0,05 e < 0,01; CV= coeficiente de variação.

O acúmulo de FSF decresceu de forma linear (Figura 5A), cujo decréscimo foi de 5,83% por incremento unitário da CEs<sub>n</sub>, ou seja, redução de 30,02% correspondendo

32,81 g por planta, ao comparar as plantas submetidas a CEsn de 6,6 dS m<sup>-1</sup> em relação as que receberam 2,1 dS m<sup>-1</sup>. Os sais presentes na água de irrigação atuam negativamente no acúmulo de biomassa das plantas, pois comprometem a atividade meristemática, alongamento e expansão celular e, por conseguinte na biomassa (WANDERLEY et al., 2020). A redução no acúmulo de fitomassa seca de folhas também foi observada por Lima et al. (2016) ao avaliarem o crescimento e a produção do pimentão ‘All Big’, em função da irrigação com água salina (CEa de 0,6 e 3,0 dS m<sup>-1</sup>), em pesquisa conduzida em vasos utilizando-se um *Neossolo Regolítico*, onde observaram que as plantas sob irrigação com água de 0,6 dS m<sup>-1</sup> apresentaram um incremento na FSF de 2,72 g por planta, em relação à média obtida nas que se encontravam sob CEa de 3,0 dS m<sup>-1</sup>.

A fitomassa seca do caule da abobrinha também decresceu linearmente com o aumento da salinidade da solução nutritiva (Figura 5B), sendo a redução de 4,08% por incremento unitário da CEsn. De acordo com Souza et al. (2018), os íons tóxicos restringem absorção de água e nutriente causando efeito deletério no crescimento e fotossíntese, refletindo na diminuição da fitomassa. Lucena et al. (2011) ao avaliarem o crescimento de outra cucurbitaceae, a melancia ‘Quetzale’ cultivada sob condições de campo, utilizando-se águas de diferentes níveis de salinidade, também verificaram que a água de maior condutividade elétrica (3,98 dS m<sup>-1</sup>) diminuiu o acúmulo de fitomassa seca, proporcionando um menor crescimento da planta. A redução no acúmulo de fitomassa pode ser relacionada à diminuição dos teores de clorofila, taxa fotossintética das plantas e ao desvio de energia destinada ao crescimento para ativação e manutenção da integridade das membranas, síntese de solutos orgânicos para osmorregulação e/ou proteção de macromoléculas e regulação do transporte e distribuição iônica em vários órgãos dentro das células (LIMA et al., 2020).



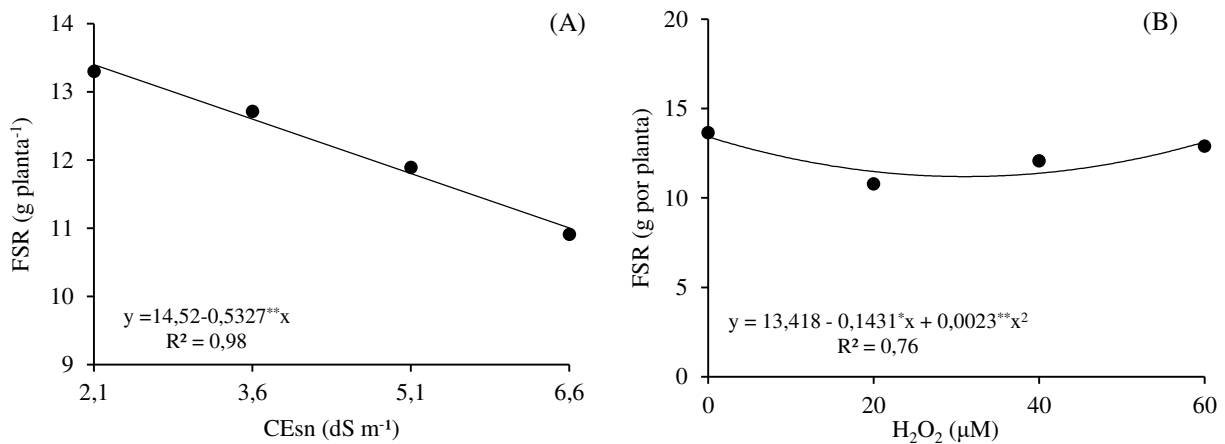


Número ± erro padrão (n = 4)

**Figura 5:** Fitomassa seca de folhas – FSF (A) e fitomassa seca do caule - FSC (B) das plantas de abobrinha italiana cultivar Caserta em função da salinidade da solução nutriente (CEsn) e fitomassa seca de folhas – FSF (C) em função da aplicação exógena de peróxido de hidrogênio em cultivo hidropônico, aos 47 dias após transplantio.

O peróxido de hidrogênio ocasionou redução de forma quadrática na fitomassa seca de folhas (Figura 5C), cujo valor mínimo foi de 85,04 g por planta, obtido nas plantas que receberam aplicação de peróxido de hidrogênio na concentração estimada de 35 μM, com uma posterior estabilidade. O H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> é utilizado com a finalidade de estimular a produção de proteínas e carboidratos e induzir o sistema de defesa das plantas, desintoxicando as espécies reativas de oxigênios e contribuir no crescimento da planta (SILVA et al., 2019).

Quanto a fitomassa seca de raiz das plantas de abobrinha italiana cultivar Caserta (Figura 6A), verifica-se comportamento linear decrescente com o aumento da salinidade da solução nutritiva, sendo o declínio de 3,67% (0,5327 g) por incremento unitário da CEsn. As plantas submetidas à CEsn de 6,6 dS m<sup>-1</sup> reduziram a FSR em 17,88% (2,39 g planta<sup>-1</sup>) em relação as que receberam 2,1 dS m<sup>-1</sup>. A redução da fitomassa seca de raiz é reflexo do menor crescimento da raiz com aumento da salinidade, destacando-se como mecanismo de tolerância das plantas para reduzir absorção de água com sais e amenizar a toxicidade (FIGUEREDO et al., 2018). Putti et al. (2018), ao avaliarem o cultivo de abobrinha italiana sob condições de estresse salino (CEa de 0 a 5 dS m<sup>-1</sup>) verificaram redução de 1,64 g por incremento unitário da CEa na fitomassa seca de raiz da abobrinha, aos 30 dias após o transplantio.



Número ± erro padrão (n = 4)

**Figura 6:** Fitomassa seca da raiz – FSR das plantas de abobrinha italiana em função dos níveis salinos da solução nutritiva – CEsn (A), e peróxido de hidrogênio – H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (B) em cultivo hidropônico, aos 47 dias após transplantio.

De forma semelhante ao observado para FSF (Figura 5C), a fitomassa seca de raiz apresentou uma redução quadrática com aumento de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (Figura 6B). A redução máxima foi observada nas plantas submetidas à pulverização com a concentração estimada de 32 μM de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> foi de 11,19 g por planta. A partir da concentração estimada de 33 μM de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ocorreu tendência de aumento na FSR semelhante à FSF, obtendo-se um acúmulo 13,11 g por planta sob aplicação foliar de 60 μM. Espécies reativas de oxigênio (EROs), como peróxido de hidrogênio podem atuar como moléculas sinalizadoras envolvidas na aclimação das plantas a diversos estresses abióticos. Contudo, ainda não está claro como o aumento generalizado de EROS e eventos de sinalização a jusante que ocorrem em resposta a condições estressantes são coordenados para modificar o crescimento e desenvolvimento das plantas (VOOTHULURU ET al., 2020), dependendo de fatores como concentração, modo de aplicação e espécie vegetal.

#### 4. CONCLUSÕES

A pulverização de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> na concentração de 60 e 40 μM sob a solução nutritiva com condutividade elétrica de 2,1 dS m<sup>-1</sup> promove aumento no diâmetro do caule e comprimento da raiz, respectivamente, em abobrinha italiana cultivado hidroponicamente, aos 47 dias após o transplantio. Contudo, em soluções nutritivas com condutividade elétrica superior a 2,1 dS m<sup>-1</sup>, a aplicação de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> em concentrações de 60 e 40 μM intensificam o estresse salino, reduzindo o diâmetro de caule e o comprimento das raízes.

A salinidade da solução nutritiva acima de 2,1 dS m<sup>-1</sup> reduz os pigmentos fotossintéticos, o número de folhas, área foliar, o comprimento do ramo principal, fitomassa seca do caule, de folhas e de raiz da abobrinha italiana, sendo os teores de clorofila *b* e carotenoides as variáveis mais sensíveis.

## 5. REFERÊNCIAS

- Albuquerque, J. R. T. de; Sá, F. V. da S.; Oliveira, F. A. de; Paiva, E. P. de; Araújo, E. B. G.; Souto, L. S. Crescimento inicial e tolerância de cultivares de pepino sob estresse salino. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 10, n. 2, p. 486-495, 2016.
- Amorim, Y. F. Produção de mudas de abobrinha híbrida em diferentes substratos e níveis de estresse salino. **Revista Ciência Agrícola**, v. 13, n. 1, p. 27-32, 2015.
- Arnon, D. I. Copper enzymes in isolated chloroplast. **Plant Physiology**, v. 24, n.1, p. 1-15, 1946
- Bajji, M.; Lutts, S.; Kinet, J. M. Water deficit effects on solute contribution to osmotic adjustment as a function of leaf ageing in three durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivars performing differently in arid conditions. **Plant Science**, v. 160, n. 4, p. 669-681, 2001.
- Basso, S. M. S. Caracterização morfológica e fixação biológica de nitrogênio de espécies de *Adesmia* D C. e *Lotus* L. Porto Alegre: UFRGS, 1999. 268 f. Tese Doutorado.
- Bezerra, I. L.; Nobre, R. G.; Gheyi, H. R.; Souza, L. de P.; Pinheiro, F. W. A.; Lima, G. S. de. Morphophysiology of guava under saline water irrigation and nitrogen fertilization. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 1, p. 32-37, 2018.
- Dias, A. S.; Lima, G. S. de; Pinheiro, F. W. A.; Gheyi, H. R.; Soares, L. A. dos A. Gas exchanges, quantum yield and photosynthetic pigments of west indian cherry under salt stress and potassium fertilization **Revista Caatinga**, v. 32, n. 2, p. 429-439, 2019.

- Fernandes, J. M. P.; Fernandes, A. L. M.; Dias, N. da S.; Cosme, C. R.; Nascimento, L. V.; Queiroz, I. S. R. Salinidade da solução nutritiva na produção de alface americana em sistema hidropônico NFT. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 12, n. 3, p. 2570, 2018.
- Ferreira, D. F. Sisvar: a guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014.
- Fialho, G. S.; Dalvi, L. P.; Corrêa, N. B. C.; Kuhlcamp, K. T.; Effgen, E. M. Predição de área foliar em abobrinha italiana: um método não destrutivo, exato, simples, rápido e prático. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 1, n. 2, p. 59-63, 2011.
- Figueredo, L. F. de; Maia Júnior, S. de O.; Ferraz, R. L. de S.; Dutra, A. F.; Bezerra, J. D.; Melo, A. S. de. Crescimento e partição de massa seca em mudas de mamoeiro sob estresse salino. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 12, n. 6, p. 2984-2990, 2018.
- Hoagland, D. R.; Arnon, D. I. The water-culture method for growing plants without soil. Berkeley: University of California, Circular. **California Agricultural Experiment Station**, v. 347, n. 2, 39. p., 1950.
- Jones, J. B. Hydroponics: its history and use in plant nutrition studies. **Journal of plant Nutrition**, v. 5, n. 8, p. 1003-1030, 1982.
- Khan, T. A.; Yusuf, M.; Fariduddin, Q. Hydrogen peroxide in regulation of plant metabolism: Signalling and its effect under abiotic stress. **Photosynthetica**, v. 56, n. 4, p. 1237-1248, 2018.
- Lichtenthaler, H. K. Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. **Plant Cell Membranes**, v. 148, p. 350–382, 1987.
- Lima, G. S. de.; Santos, J. B.; Soares, L. A. dos A.; Gheyi, H. R.; Nobre, R. G.; Pereira, R. F. Irrigação com águas salinas e aplicação de prolina foliar em cultivo de pimentão ‘All Big’. **Comunicata Scientiae**, v. 7, n. 4, p. 513-522, 2016.
- Lima, G. S. de; Silva, J. B. da; Soares, L. A. dos A.; Gheyi, H. R.; Nobre, R. G.; Souza, L. de P. Physiological indices and phytomass partition in precocious dwarf cashew clones irrigated with saline waters. **Comunicata Scientiae**, v. 11, n. 1, e3196, 2020.

- Lucena, R. R. M. de; Negreiros, M. Z. de; Medeiros, J. F. de; Grangeiro, L. C.; Marrocos, S. de T. P. Crescimento e acúmulo de macronutrientes em melancia ‘Quetzale’ cultivada sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação. **Revista Caatinga**, v. 24, n. 1, p. 34-42, 2011.
- Medeiros, J. F. Qualidade da água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo "GAT" nos Estado do RN, PB e CE. Campina Grande: UFCG. 1992. 196 f. Dissertação Mestrado.
- Melo, H. F. de; Souza, E. R. de; Duarte, H. H.; Cunha, J. C.; Santos, H. R. Gas exchange and photosynthetic pigments in bell pepper irrigated with saline water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, n. 1, p. 38-43, 2017.
- Moura, R. S. dos; Gheyi, H. R.; Coelho Filho, M. A.; Jesus, O. N. de; Lima, L. K. S.; Cruz, C. S. da. Formation of seedlings of species from the genus *Passiflora* under saline stress. **Bioscience Journal**, v. 33, n. 5, p. 1197-1207, 2017.
- Nóbrega, J. S.; Bruno, R. D. L. A.; Figueiredo, F. R. A.; Silva, T. I. da; Fátima, R. T. de; Ribeiro, J. E. da. S.; Ferreira, J. T. A.; Nascimento, R. G. da S. Acúmulo de biomassa e pigmentos fotossintéticos em plantas de *Mesosphaerum suaveolens* (L.) Kuntze sob estresse salino e doses de ácido salicílico. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 5, e121953286, 2020.
- Paiva, F. J. da S.; Rodrigues, M. H. B. S.; Lopes, K. P.; Silva, J. G da. Influência da salinidade da água de irrigação na qualidade de sementes no semiárido paraibano. **Meio Ambiente**, v. 1, n. 3, p. 45-50, 2019.
- Putti, F. F.; Silva, A. O. da; Junior, J. F. S.; Gabriel Filho, L. R. A.; Klar, A. E. Crescimento e produção da abobrinha sob irrigação com água salobra. **Irriga**, v. 23, n. 4, p. 713-726, 2018.
- Ribeiro, J. E. S.; Sousa, L. S. de; Silva, T. I. da; Nóbrega, J. S.; Figueiredo, F. R. A.; Bruno, R. D. L. A.; Albuquerque, M. B. Citrullus lanatus morphophysiological responses to the combination of salicylic acid and salinity stress. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 15, n. 1, e6638, 2020.

- Ransy, C.; Vaz, C.; Lombès, A.; Bouillaud, F. Use of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> to cause oxidative stress, the catalase issue. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 21, n. 23, e9149, 2020.
- Sá, F. V. da S.; Souto, L. S.; Paiva, E. P. de; Torres, S. B.; Oliveira, F. A. de; INITIAL Development And Tolerance Of Pepper Species To Salinity Stress. **Revista Caatinga**, v. 32, n. 3, p. 826-833, 2019.
- Santos, J. B. dos; Gheyi, H. R.; Lima, G. S.; Xavier, D. A. de; Cavalcante, L. F.; Centeno, C. R. M. Morfofisiologia e produção do algodoeiro herbáceo irrigado com águas salinas e adubado com nitrogênio. **Comunicata Scientiae**, v. 7, n. 1, p. 86-96, 2016.
- Santos, L. C. dos; Silva, S. T. de A.; Medeiros, C. R. de; Santos, A. V. D. dos; Lima, G. S. de; Severo, P. J. da S.; Medeiros, J. E. de; Brilhante, C. L.; Pereira, J. D. A. Peróxido de hidrogênio como atenuante do estresse salino na formação de mudas de pitaia vermelha (*Hylocereus costaricensis*). **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 5, p. 27295-27308, 2020.
- Saxena, I.; Srikanth, S.; Chen, Z. Cross talk between H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> and interacting signal molecules under plant stress response. **Frontiers in Plant Science**, v. 7, p. 570, 2016.
- Silva, A. A. R. da; Capitulino, J. D.; Lima, G. S. de; Azevedo, C. A. V. de; Veloso, L. L. de S. A. Tolerance to salt stress in soursop seedlings under different methods of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> application. **Revista Ciência Agronômica**, v. 52, n. 3, e20207107, 2021.
- Silva, A. A. R. da; Lima, G. S. de.; Azevedo, C. A. V. de; Gheyi, H. R.; Souza, L. de P.; Veloso, L. L. de S. Gas exchanges and growth of passion fruit seedlings under salt stress and hydrogen peroxide. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 49, e55671, 2019.
- Silva, A. A. R. da; Veloso, L. L. de; Lima, G. S. de; Azevedo, C. A. V. de; Gheyi, H. R.; Fernandes, P. D. Hydrogen peroxide in the acclimation of yellow passion fruit seedlings to salt stress. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 25, n. 2, p. 116-123, 2021.
- Silva, E. M. da; Lacerda, F. H. D.; Medeiros, A. de S.; Souza, L. de P.; Pereira, F. H. F. Métodos de aplicação de diferentes concentrações de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> em milho sob estresse



- salino. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 11, n. 3, p. 1-7, 2016.
- Silva, F. V. da.; Duarte, S. N.; Lima, C. J. de S.; Dias, N. da S.; Santos, R. S. da S.; Medeiros, P. R. Cultivo hidropônico de rúcula utilizando solução nutritiva salina. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 8, n. 3, p. 476-482, 2013.
- Silva Júnior, E. G. da; Silva, A. F. da; Lima, J. de S.; Silva, M. de F. C. da; Maia, J. M. Vegetative development and content of calcium, potassium, and sodium in watermelon under salinity stress on organic substrates. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, n. 12, p. 1149-1157, 2017.
- Silva Júnior, J. F. da; Silva, A. O. da; Klar, A. E.; Freitas, I. P. de; Tanaka, A. A. Produção e desenvolvimento da cultura do tomate submetida a diferentes estratégias de irrigação e qualidade da água. **Irriga**, v. 23, n. 2, p. 298-313, 2018.
- Soares, L. A. dos A.; Fernandes, P. D.; Lima, G. S. de; Silva, S. S. da; Moreira, R. C. L.; Medeiros, T. L. F. Phytomass and production components of colored cotton under salt stress in different phenological stages. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 25, n. 2, p. 132-138, 2021.
- Souza, F. M. de; Sá, F. V. da S.; Souto, L. S.; Paiva, E. P. de; Andrade, R. A. de; Araújo, E. B. G. Desenvolvimento inicial e tolerância de cultivares de maxixe irrigado com água salina. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 12, n. 1, p. 2385-2394, 2018.
- Souza, L. de P.; Nobre, R. G.; Fatima, R. T.; Pimenta, T.; Diniz, G. L.; Barbosa, J. L. Morfofisiologia e qualidade de porta-enxerto de cajueiro sob peróxido de hidrogênio e estresse salino. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 13, n.3, p. 3477, 2019.
- Tavares Filho, G.; Silva, D. F. da; Mascarenhas, N. M. H.; Lins, R. C.; Oliveira, F. F. de; Araújo, C. A. de S.; Matias, S. S. R.; Freitas Neto, J. P. de. Qualidade da água no semiárido e seus efeitos nos atributos do solo e na cultura da *Moringa oleifera* Lam. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 43, n. 3, p. 293-301, 2020.
- Veloso, L. L. da S. A.; Capitulino, J. D.; Lima, G. S. de; Azevedo, C. A. V. de; Silva, A. A. R. da; Gheyi, H. R. Methods of applying hydrogen peroxide to soursop seedlings irrigated with saline water. **Comunicata Scientiae**, v. 12, e3288, 2021.

- Veloso, L. L. de S. A.; Lima, G. S. de; Azevedo, C. A. V. de; Nobre, R. G.; Silva, A. A. R. da; Capitulino, J. D.; Bonifácio, B. F. Physiological changes and growth of soursop plants under irrigation with saline water and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> in post-grafting phase. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 41, n. 6, p. 3023-3038, 2020.
- Voothuluru, P.; Makela, P.; Zhu, J.; Yamaguchi, M.; Cho, I. J.; Oliver, M. J.; Simmonds, J.; Sharp, R. E. Apoplastic hydrogen peroxide in the growth zone of the maize primary root. Increased levels differentially modulate root elongation under well-watered and water-stressed conditions. **Frontiers in Plant Science**, v. 11, n. 1, p. 1-18, 2020.
- Wanderley, J. A. C.; Brito, M. E. B.; Azevedo, C. A. V. de; Silva, F. das C.; Ferreira, F. N.; Lima, R. F. de. Cell damage and biomass of yellow passion fruit under water salinity and nitrogen fertilization. **Revista Caatinga**, v. 33, n. 3, p. 757-765, 2020.

### **CAPÍTULO III**

---

## **TROCAS GASOSAS E PRODUÇÃO DE ABOBRINHA ITALIANA HIDROPÔNICA SOB ESTRESSE SALINO E APLICAÇÃO DE H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>**

## TROCAS GASOSAS E PRODUÇÃO DE ABOBRINHA ITALIANA HIDROPÔNICA SOB ESTRESSE SALINO E APLICAÇÃO DE H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

**Resumo:** O conhecimento do efeito de condicionadores químicos na redução dos efeitos deletérios provocados pela salinidade na cultura da abobrinha italiana é de grande importância para a expansão do cultivo desta olerícola na região semiárida do Nordeste, pois apresenta demanda de mercado. Nesse contexto, objetivou-se avaliar o efeito da aplicação foliar de peróxido de hidrogênio como atenuador do estresse salino sob as trocas gasosas, a produção e a qualidade pós-colheita de frutos de abobrinha italiana cultivada em sistema hidropônico. O trabalho foi desenvolvido em sistema hidropônico tipo Técnica de Fluxo de Nutrientes em casa de vegetação, em Pombal – PB. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4 × 4, sendo quatro níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva - CEs<sub>n</sub> (2,1 (controle); 3,6; 5,1 e 6,6 dS m<sup>-1</sup>), e quatro concentrações de peróxido de hidrogênio – H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (0; 20; 40 e 60 μM), com três repetições. A solução nutritiva com condutividade elétrica acima de 2,1 dS m<sup>-1</sup> promoveu redução nas trocas gasosas e no número total de frutos de abobrinha italiana. A elevação dos níveis salinos da solução nutritiva aumentou o teor de sólidos solúveis totais dos frutos e a fluorescência inicial de abobrinha italiana. Em condições de salinidade da solução nutritiva acima de 2,1 dS m<sup>-1</sup>, o peróxido de hidrogênio não conseguiu atenuar os efeitos do estresse salino. A aplicação de 20 μM de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> quando as plantas foram cultivadas em solução nutritiva de 2,1 dS m<sup>-1</sup> promoveu maior peso total dos frutos e diâmetro basal dos frutos.

**Palavras-chaves:** *Cucurbita pepo* L., solução salina, peróxido de hidrogênio

## GAS EXCHANGE AND PRODUCTION ITALIAN ZUCCHINI HYDROPONIC UNDER SALINE STRESS AND H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> APPLICATION

**Abstract:** The knowledge of the effect of chemical conditioners in reducing the harmful effects caused by salinity in the Italian zucchini crop is of great importance for the expansion of the cultivation of this vegetable in the semiarid region of the Northeast, as it presents market demand. In this context, the objective of present study was to evaluate the effect of foliar application of hydrogen peroxide as a salt stress attenuator on gas exchange, production and post-harvest quality of zucchini fruits grown in a

hydroponic system. The study was conducted in a hydroponic system type Nutrient Flow Technique in a greenhouse, in Pombal - PB, under a completely randomized experimental design, in a  $4 \times 4$  factorial scheme, with four levels of electrical conductivity of the nutrient solution - ECns (2.1 (control); 3.6; 5.1 and 6.6  $\text{dS m}^{-1}$ ), and four concentrations of hydrogen peroxide –  $\text{H}_2\text{O}_2$  (0; 20; 40 and 60  $\mu\text{M}$ ), with three replicates. The nutrient solution with electrical conductivity above 2.1  $\text{dS m}^{-1}$  promoted a reduction in gas exchange and in the total number of zucchini fruits. Elevation of the saline levels of the nutrient solution increased the total soluble solids content of the fruits and the initial fluorescence of zucchini. Under nutrient solution salinity above 2.1  $\text{dS m}^{-1}$ , hydrogen peroxide was not able to attenuate the effects of salt stress. The application of 20  $\mu\text{M}$  of  $\text{H}_2\text{O}_2$  when the plants were grown in a nutrient solution of 2.1  $\text{dS m}^{-1}$  promoted greater total fruit weight and basal fruit diameter.

**Key word:** *Cucurbita pepo L.*, saline solution, hydrogen peroxide

## 1. INTRODUÇÃO

Abobrinha italiana (*Cucurbita pepo L.*) é um das olerícola mais consumidas, situando-se entre as de maior importância socioeconômica para o Brasil, sendo tradicionalmente cultivada por pequenos produtores (GRANGEIRO et al., 2020). É uma olerícola com elevada qualidade nutricional, destacando-se como fonte de Ca, P, Fe e fibras (OLIVEIRA et al., 2013).

Na região Nordeste a baixa precipitação pluvial e alta evapotranspiração restringem à agricultura no período de estiagem. Dessa forma, é necessária a busca por fontes de água alternativas, como as subterrâneas que possuem geralmente elevadas concentrações de sais, as quais inviabilizam em muitos casos o cultivo convencional em solo. Nesse sentido, a utilização de sistemas de cultivos que viabilizem a utilização desses recursos, a exemplo de cultivo hidropônico, sobressai em importância (LIMA et al., 2020).

A salinidade ocasiona efeito negativo nas plantas, e dependendo da espécie cultivada as perdas são irremediáveis, comprometendo o rendimento e a qualidade do produto, tornando-se inviável a comercialização (SANTOS et al., 2020). Sob condições de estresse salino, as plantas acumulam íons de sódio e cloreto em excessos, responsáveis por diferentes alterações fisiológicas e bioquímicas, incluindo

desequilíbrio iônico, diminuição do potencial hídrico foliar, induzindo a produção de espécies reativas de oxigênio (KOTAGIRI et al., 2017).

As altas concentrações de sais também podem causar danos à membrana, desequilíbrio de nutrientes, níveis alterados de reguladores de crescimento, inibição enzimática e disfunção metabólica, que acaba levando à morte das plantas (ASTANEH et al., 2018). Em decorrência de danos ao aparato fotossintético, diminuição do crescimento, e perda na produção, é relevante a utilização de atenuantes ao estresse para minimizar o efeito dos sais nas culturas. Entre os produtos, pesquisas relatam que sob condições de estresse salino uso de peróxido de hidrogênio pode estimular o desenvolvimento nas culturas de importância socioeconômica para o Brasil (SOUZA et al., 2019; SILVA et al., 2019).

O peróxido de hidrogênio é uma espécie reativa de oxigênio que tem papel-chave no processo de aclimação das plantas a diversas condições de estresse como: salinidade (SILVA et al., 2020), seca (HOSSAIN et al., 2013). O  $H_2O_2$  induz a produção de enzimas antioxidantes (catalase, superóxido dismutase e glutathione peroxidase), proteínas e compostos que regulam vários mecanismos sob condições de estresse, melhorando a absorção de água e nutrientes, a eficiência fotossintética, além de contribuir para a manutenção da homeostase iônica e redox das plantas (CARVALHO et al., 2011).

Em pesquisas realizadas testando-se o papel do  $H_2O_2$  na mitigação do estresse salino, Silva et al. (2019) concluíram que os efeitos deletérios causados pela salinidade da água de irrigação foram amenizados pela aplicação exógena de peróxido de hidrogênio na concentração de 20  $\mu M$ . Em abobrinha italiana, Dantas et al. (2021) também observaram que a aplicação exógena de  $H_2O_2$  na concentração de 40  $\mu M$  mitigou o estresse salino em relação à eficiência de carboxilação instantânea das plantas cultivadas no sistema hidropônico sob a salinidade da solução nutritiva de 2,1  $dS\ m^{-1}$ .

A forma de cultivo associada ao uso de condicionadores químicos pode ser uma alternativa para a obtenção de produção satisfatória com redução dos impactos negativos dos sais nas plantas. O cultivo hidropônico é uma alternativa importante na produção de olerícolas, devido à possibilidade de se ter um maior controle dos fatores de produção, especialmente, sobre o manejo de água e nutrientes e permite produzir durante todo o ano em casa de vegetação, tornando um cultivo vantajoso para condições do semiárido nordestino (LOUREIRO et al., 2019). Além disso, no cultivo hidropônico (sem solo) apenas o potencial osmótico da solução é considerado, desprezando o

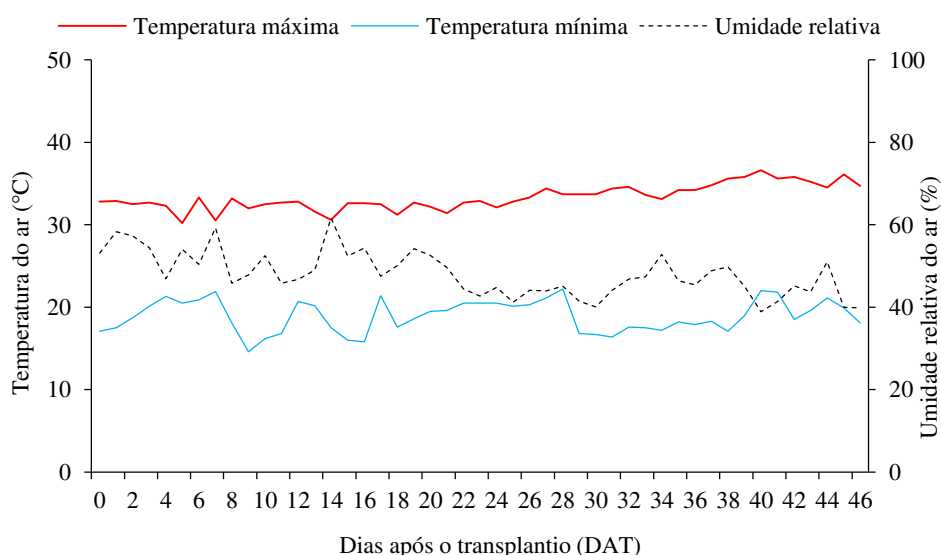
matricial que é observado no cultivo convencional em solo, tornando-se esse sistema apropriado na redução de impactos socioeconômicos causados pela escassez de água nas regiões semiáridas (COSTA et al., 2020).

Apesar da importância nutricional e socioeconômica da cultura da abobrinha italiana, na literatura são incipientes resultados de pesquisas com esta olerícola em cultivo hidropônico com solução nutritiva salina. Diante do exposto, o objetivo deste estudo consistiu em avaliar o efeito das concentrações de peróxido de hidrogênio como mitigador do estresse salino nas trocas gasosas, produção e qualidade pós-colheita de frutos de abobrinha italiana cultivada em sistema hidropônico tipo Técnica de Fluxo de Nutrientes.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação entre julho a agosto de 2020, no Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), em Pombal - PB, nas coordenadas geográficas: latitude Sul 6°46'13'' e longitude Oeste 37°48'6'', a uma altitude média de 184 m.

Os dados de temperatura máxima e mínima e umidade relativa do ar durante o período de condução da pesquisa foram obtidos na estação climatológica do Perímetro Irrigado de São Gonçalo, Sousa – PB e estão apresentados na Figura 1.



**Figura 1.** Dados médios de temperatura do ar máxima e mínima e umidade relativa do ar durante o período do experimental.

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizados, em esquema fatorial 4 × 4, referente a quatro níveis de salinidade da solução nutritiva - CEs<sub>n</sub> (2,1; 3,6; 5,1 e 6,6 dS m<sup>-1</sup>), e quatro concentrações de peróxido de hidrogênio – H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (0; 20; 40 e 60 µM) aplicados via pulverização foliar, com 3 repetições. Devido à ausência de estudos com H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> em hortaliças, as concentrações utilizadas nesta pesquisa foram baseadas em trabalhos realizados com cajú (SOUZA et al., 2019) e graviola (VELOSO et al., 2020). Enquanto os níveis salinos da solução nutritiva tiveram como base o trabalho de Putti et al. (2018) com a cultura da abobrinha italiana.

A solução nutritiva utilizada foi conforme a recomendação de Hoagland e Arnon (1950), cujas concentrações dos nutrientes (Tabela 1) após preparação em água de abastecimento local (0,3 dS m<sup>-1</sup>) resultaram em condutividade elétrica de 2,1 dS m<sup>-1</sup>.

**Tabela 1:** Composição química dos nutrientes presentes na solução nutritiva geral indicada por Hoagland & Arnon (1950), utilizada no cultivo hidropônico da abobrinha italiana.

Elementos	mg L <sup>-1</sup> - Solução completa	Fertilizantes	g L <sup>-1</sup> de solução nutritiva
N	210	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	136,09
P	31	KNO <sub>3</sub>	101,10
K	234	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> .4H <sub>2</sub> O	236,15
Ca	200	MgSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	246,49
Mg	48	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	3,10
S	64	MnSO <sub>4</sub> .4H <sub>2</sub> O	1,70
B	0,5	ZnSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	0,22
Mn	0,5	CuSO <sub>4</sub> .5H <sub>2</sub> O	0,75
Zn	0,05	(NH <sub>4</sub> ) <sub>6</sub> Mo <sub>7</sub> O <sub>24</sub> . 4H <sub>2</sub> O	1,25
Cu	0,02	FeSO <sub>4</sub>	13,9
Mo	0,01	EDTA – Na	13,9
Fe	5		
Na	1,2		
Cl	0,65		

As soluções nutritivas salinas usadas na irrigação foram preparadas mediante adição de sais de cloreto de sódio (NaCl), de cálcio (CaCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O) e de magnésio (MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O), na proporção equivalente de 7:2:1, respectivamente. Trata-se da proporção de Na, Ca e Mg comumente encontrada nas águas utilizadas para irrigação no semiárido do Nordeste brasileiro (MEDEIROS, 1992).

A solução estoque do peróxido de hidrogênio foi obtida pela diluição do H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> – 30% em água deionizada, armazenada em recipientes plásticos revestido com papel alumínio, conservada em baixa temperatura (<12 °C).



As sementes possuíam certificação e foram adquiridas em casa de produtos agropecuários em Pombal – PB. Antes da sementeira, realizou-se a retirada do tegumento das sementes e em seguida foi semeado em recipientes de polietileno com capacidade de 50 mL contendo esponja vegetal cortada em pedaços menores, disposto em bandejas. Antes da sementeira, as esponjas vegetais foram sanitizadas com hipoclorito (2,5%), lavadas e secadas ao ar livre. Na germinação até o surgimento da primeira folha verdadeira (dez dias após sementeira) utilizou solução nutritiva a concentração de 50% da recomendada. Após o surgimento da primeira folha foi retirado à esponja vegetal e as mudas foram inseridas nos perfis hidropônicos, utilizando-se a partir deste momento solução nutritiva na concentração plena (100%).

O sistema hidropônico foi do tipo Técnica de Fluxo de Nutriente - NFT, confeccionado com cano de policloreto de vinil (PVC) de 100 mm de diâmetro e com seis metros de comprimento. Nos canais o espaçamento entre plantas foi de 0,50 m e 1,0 m entre os tratamentos e as células para o plantio apresentavam diâmetros de 54,17 mm.

Os canais foram apoiados em cavaletes com altura de 0,60 m com uma inclinação de 4% para o escoamento da solução nutritiva. Na cota mais baixa de cada bancada do sistema hidropônico, encontrava uma caixa de polietileno de 150 L com a finalidade de coletar e conduzir a solução nutritiva até os canais. A solução nutritiva foi injetada nos canais de cultivo por bomba com potência de 35 W, na vazão de 3 L por min. A circulação da solução nutritiva foi programada por um temporizador, com fluxo intermitente de 15 min a cada hora durante o dia e noite.

O pH e a condutividade elétrica da solução nutritiva foram verificadas diariamente, para manter sempre a CEs<sub>n</sub> conforme os tratamentos estabelecidos e o pH entre 5,5 e 6,5. Quando necessário a CEs<sub>n</sub> foi ajustada com adição de água de condutividade elétrica - CE<sub>a</sub> de 0,3 dS m<sup>-1</sup> e o pH mediante adição de 0,1 M KOH ou HCl. No entanto, a solução nutritiva total era substituída em intervalos de oito dias.

Após 48 horas do transplantio (período de aclimação das plantas nas soluções nutritivas) e 72 horas antes do início da aplicação das soluções nutritivas salinas, foi feita a aplicação de peróxido de hidrogênio conforme tratamento. As aplicações foram realizadas às 17h00min, de forma manual com borrifador, visando umedecer a área total das folhas (faces adaxial e abaxial) da abobrinha italiana, aplicando em média 12 mL por planta, em intervalo de 10 dias, totalizando três aplicações.

Para evitar a deriva dos tratamentos entre as plantas, foi utilizada uma estrutura de papelão. As plantas foram conduzidas com tutoramento vertical de modo a deixar o

caule ereto com o auxílio de fitilho de 'nylon'. As flores foram polinizadas de forma artificial e com o auxílio de um pincel houve a transferência do grão de pólen das anteras para o estigma de plantas diferentes. A polinização das plantas de abobrinha teve início às 6 h devido receptividade do estigma e a viabilidade do grão de pólen. Após a fecundação da flor não houve controle da quantidade de frutos por planta. Os tratos fitossanitários foram realizados de acordo com a necessidade para o controle de pragas e/ou doenças.

Avaliaram-se aos 35 dias após o transplântio das plantas (33 dias após aplicação de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), as trocas gasosas nas folhas do terço médio, completamente expandidas e isentas de doenças e/ou ataques de pragas, através da condutância estomática -  $g_s$  (mol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), transpiração -  $E$  (mmol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> -  $A$  (μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) e concentração interna de CO<sub>2</sub> -  $C_i$  (μmol mol<sup>-1</sup>) com o auxílio do analisador de gás carbônico a infravermelho portátil (IRGA), modelo LCPro + Portable Photosynthesis System® (ADC BioScientific Limited, UK), irradiação de 1200 μmol fótons m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> e fluxo de ar de 200 mL min<sup>-1</sup>, e concentração de CO<sub>2</sub> atmosférico. Após a coleta dos dados foi quantificado a eficiência instantânea do uso da água -  $E_iUA - A/E$  [(μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) (mmol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>)<sup>-1</sup>] e eficiência instantânea da carboxilação -  $E_iCi - A/C_i$  [(μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) (μmol mol<sup>-1</sup>)<sup>-1</sup>].

No mesmo período, os parâmetros da fluorescência da clorofila *a* foram mensurados em folhas do terço médio, completamente expandidas e pré-adaptadas ao escuro por 30 minutos. Os parâmetros avaliados foram: fluorescência inicial ( $F_0$ ), máxima ( $F_m$ ), variável ( $F_v$ ) e a eficiência quântica do FSII ( $F_v/F_m$ ) utilizando-se fluorômetro modulado modelo OS5p da Opti Science. O pulso de luz utilizado foi vermelha modulada de baixa intensidade (0,03 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) e em seguida a um pulso de luz actínica saturada (>6000 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>).

A colheita dos frutos iniciou-se aos 28 dias e finalizou aos 47 dias após o transplântio, colhendo os frutos maduros e imaturos, com comprimento até 20 cm conforme metodologia de Delfin et al. (2017). Após a colheita foi determinado o número total de frutos (NTF) e em seguida foram pesados em balança semi-analítica para obtenção da produção total por planta (PT), sendo o resultado expresso em g por planta. O diâmetro basal do fruto (DBF) foi medido na extremidade de maior espessura do fruto utilizando-se paquímetro digital e o resultado expresso em mm.

O diâmetro do terço médio inferior (DTMI) foi avaliado da extremidade de menor espessura do fruto utilizando um paquímetro digital e resultado expresso em mm.

A firmeza do diâmetro basal (FDB) e firmeza do terço médio inferior (FTMI) foi determinada mediante duas leituras no fruto em locais equidistantes, com um penetrômetro da marca McCormick, modelo FT 327 analógico (ponteira de 8 mm de diâmetro), os resultados foram expressos em Newton (N).

Para determinação da qualidade pós-colheita três frutos foram cortados e triturados no liquidificador para obtenção do extrato. Após a trituração retirou-se 50 mL para determinação dos sólidos solúveis totais (SST) e potencial hidrogeniônico (pH). Os sólidos solúveis totais foram determinados no extrato da polpa dos frutos com casca em triplicatas, utilizando refratômetro digital com compensação automática de temperatura, sendo sempre que necessário calibrado com água destilada, expressando os resultados em °Brix. O potencial hidrogeniônico foi determinado com leitura direta no extrato do fruto com casca (sem adição de água), em triplicata, utilizando-se um peagâmetro de bancada calibrado com solução tampão de pH 4 e 7.

Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste de Fisher (F) em nível de 0,05 de probabilidade e, quando significativo, realizou-se análise de regressão polinomial (linear e quadrática) para a solução nutritiva salina e para as concentrações de peróxido de hidrogênio, utilizando-se do software estatístico SISVAR - ESAL.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A interação entre os fatores a condutividade elétrica da solução nutritiva (CESn) e aplicação de peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) não afetou de forma significativa as trocas gasosas da abobrinha italiana (Tabela 2). De forma isolada, a CESn exerceu efeito significativo sobre a condutância estomática, a transpiração, a taxa de assimilação de  $CO_2$ , a concentração interna de  $CO_2$ , a eficiência instantânea do uso da água e a eficiência instantânea de carboxilação. Enquanto, o peróxido de hidrogênio não influenciou nenhuma das variáveis analisadas, aos 35 DAT. Dantas et al. (2021) em estudo avaliando os efeitos da solução salina nutritiva e aplicação exógena de peróxido de hidrogênio com abobrinha italiana sobre as trocas gasosas, também verificaram que as concentrações de  $H_2O_2$  não influenciaram em nenhuma das variáveis analisadas.

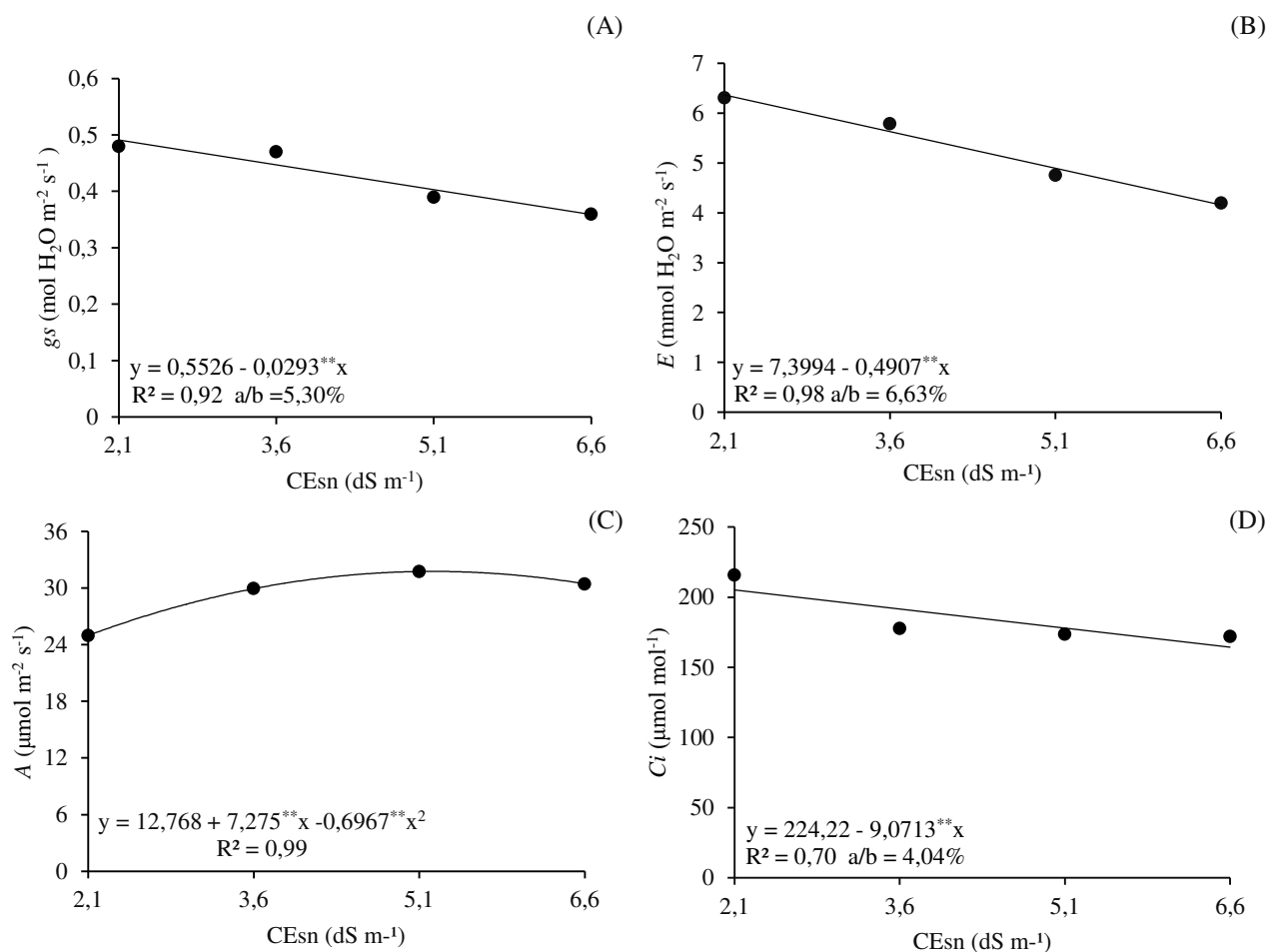
**Tabela 2.** Resultado do teste de Fisher (F) para trocas gasosas das plantas de abobrinha italiana cultivada com solução nutritiva salina (CESn) e aplicação exógena de peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) em sistema hidropônico.

Fontes de variação	GL	Quadrado Médio					
		<i>gs</i>	<i>E</i>	<i>A</i>	<i>Ci</i>	<i>EiUA</i>	<i>EiCi</i>
Solução nutritiva salina (CEsn)	3	0,05**	14,74**	140,74**	6978,59**	6,74**	0,01**
Regressão Linear	1	0,14**	43,42**	265,01**	14810,40**	14,65**	0,01**
Regressão Quadrática	1	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	157,22**	5347,26 <sup>ns</sup>	4,21**	0,01**
Peróxido de hidrogênio(H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )	3	0,00 <sup>ns</sup>	0,09 <sup>ns</sup>	8,32 <sup>ns</sup>	725,34 <sup>ns</sup>	0,56 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>
Regressão Linear	1	0,00 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>	24,75 <sup>ns</sup>	771,90 <sup>ns</sup>	1,09 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>
Regressão Quadrática	1	0,01 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,20 <sup>ns</sup>	1323,14 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>
Interação (CEsn x H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )	9	0,00 <sup>ns</sup>	0,12 <sup>ns</sup>	11,41 <sup>ns</sup>	837,54 <sup>ns</sup>	0,73 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>
CV		12,58	5,97	11,80	15,84	13,57	26,04

<sup>ns</sup>, \*, \*\* respectivamente não significativos e significativo a  $p < 0,05$  e  $< 0,01$ ; FV – Fonte de variação; CV- coeficiente de variação,

A condutância estomática reduziu linearmente com o aumento da CEsn da solução nutritiva, com redução de 5,30% por incremento unitário da CEsn (Figura 2A). Ao comparar as plantas submetida à CEsn de 6,6 dS m<sup>-1</sup> com o tratamento controle, verifica-se redução de 26,84%. Nas plantas cultivadas sob estresse salino a estratégia para amenizar as perdas de água para atmosfera e manter o status hídrico elevado é através do fechamento parcial ou total dos estômatos, além de contribuir para a menor absorção de íons tóxicos como Na<sup>+</sup> e Cl<sup>-</sup> (DIAS et al., 2019). O efeito negativo da salinidade da água também foi verificado por Melo et al. (2017) na cultura do pimentão irrigado, obtendo diminuição da condutância estomática com água salina acima de 3,0 dS m<sup>-1</sup>.

A transpiração foliar da abobrinha apresentou decréscimos de 6,63% em função do aumento unitário da condutividade elétrica da solução nutritiva (Figura 2B). A redução na taxa de transpiração está diretamente ligada à diminuição da condutância estomática, pois havendo menor abertura dos estômatos ocorrerá declínio da transpiração, restringindo a perda de água da folha para atmosfera na forma de vapor, reduzindo a desidratação da planta (LIMA et al., 2017). Esses resultados se assemelham aos encontrados por Melo et al. (2017) em estudo avaliando as trocas gasosas em pimentões cultivados com soluções salinas (0, 1, 3, 5, 7 e 9 dS m<sup>-1</sup>), que obtiveram redução na transpiração com aumento da salinidade da água, com menor valor de 3,58 μmol mol<sup>-1</sup> nas plantas cultivadas sob 9,0 dS m<sup>-1</sup>.



**Figura 2.** Condutância estomática –  $g_s$  (A), transpiração –  $E$  (B), taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> –  $A$  (C) e concentração interna de CO<sub>2</sub> –  $C_i$  (D) das plantas de abobrinha italiana em função da solução nutritiva salina– CESn em cultivo hidropônico.

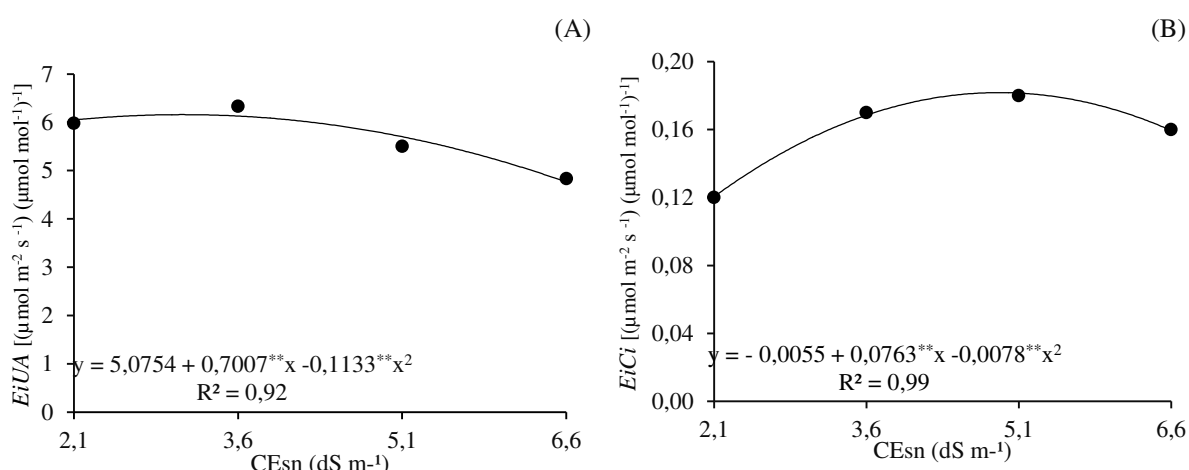
Para a taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> (Figura 2C), verifica-se comportamento quadrático, com maior valor estimado de 31,76 μmol mol<sup>-1</sup> nas plantas que receberam a solução nutritiva salina 5,3 dS m<sup>-1</sup>, enquanto o menor valor de 24,97 μmol mol<sup>-1</sup> foi na CESn de 2,1 dS m<sup>-1</sup> (controle). A menor taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> nas plantas cultivadas sob menor CESn é atribuída não somente ao fechamentos dos estômatos que restringe a difusão do CO<sub>2</sub> na câmara subestomática e consequente a taxa fotossintética líquida, mas também a fatores não estomáticos, como limitações da atividade enzimática (ALAM et al., 2015).

A concentração interna de CO<sub>2</sub> diminuiu com o aumento da CESn, com perda de 4,04% por incremento unitário da salinidade (Figura 2D). Essa redução implica que o CO<sub>2</sub> fixado na célula do mesofilo está sendo consumido na síntese de açúcares durante a fotossíntese (DIAS et al., 2018), fato confirmado pelo incremento observado na taxa de

assimilação de CO<sub>2</sub>. Em pesquisa com melancia cv. Crimson Sweet utilizando-se uma mistura de solo e composto orgânico, na proporção de 1:1, Ribeiro et al. (2020) observaram que o aumento da salinidade da água de irrigação reduziu a concentração interna de CO<sub>2</sub>, obtendo-se menor valor quando receberam água de condutividade elétrica de 4,0 dS m<sup>-1</sup>.

Para eficiência instantânea do uso da água da abobrinha (Figura 3A), o maior valor estimado de 6,16 [(μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) (μmol mol<sup>-1</sup>)<sup>-1</sup>] foi obtido nas plantas submetidas a CEs<sub>n</sub> de 3,2 dS m<sup>-1</sup>. O menor valor de 4,76 [(μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) (μmol mol<sup>-1</sup>)<sup>-1</sup>] foi verificado na CEs<sub>n</sub> de 6,6 dS m<sup>-1</sup>, com redução de 22,72%.

De acordo com Sá et al. (2019), as plantas tentam superar estresse osmótico e reduzir a absorção de íons tóxicos através da redução da condutância estomática e transpiração, com a finalidade de aumentar a eficiência do uso da água e teor relativo de água nas folhas, no entanto, esse mecanismo não foi suficiente para aumentar a eficiência do uso da água na abobrinha italiana em condições salina.



**Figura 3.** Eficiência instantânea do uso da água - *EiUA* (A) e eficiência instantânea da carboxilação – *EiCi* (B) das plantas de abobrinha italiana em função da solução nutritiva salina– CEs<sub>n</sub> em cultivo hidropônico.

Para eficiência instantânea da carboxilação (Figura 3B), nota-se que as plantas sob solução nutritiva salina de 5,0 dS m<sup>-1</sup> alcançaram maior *EiCi* de 0,18 [(μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) (μmol mol<sup>-1</sup>)<sup>-1</sup>], enquanto as plantas submetidas a CEs<sub>n</sub> de 2,1 dS m<sup>-1</sup> expressaram a menor *EiCi* de 0,12 [(μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) (μmol mol<sup>-1</sup>)<sup>-1</sup>], correspondendo à redução de 33,33% em comparação as plantas que alcançaram maior *EiCi*. O aumento da eficiência instantânea da carboxilação relaciona ao aumento da assimilação de CO<sub>2</sub>, podendo confirmar que mesmo com a redução da concentração interna de CO<sub>2</sub>, ocorre à

assimilação de CO<sub>2</sub>, pois esse comportamento é influenciado por fatores não estomáticos, ocasionado pela inibição não enzimática (JACINTO JUNIOR et al., 2019).

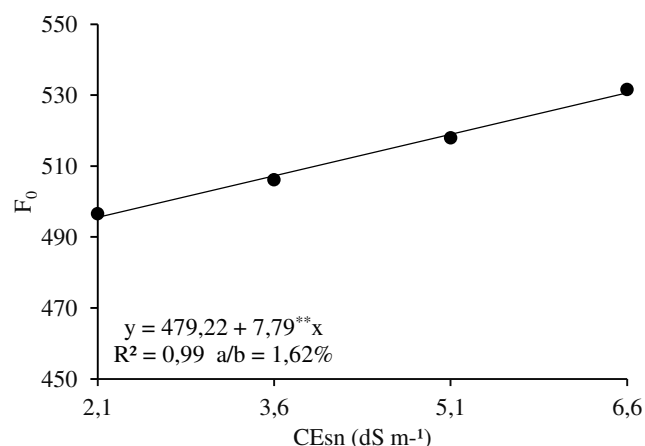
A interação entre os fatores (CEsn × H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) e as concentrações de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> não influenciaram de forma significativa nenhuma das variáveis analisadas. No entanto, houve efeito significativo da solução nutritiva salina (CEsn) apenas para a fluorescência inicial (F<sub>0</sub>) da abobrinha, aos 35 dias após o transplântio.

**Tabela 3.** Resultado do teste de Fisher (F) para fluorescência inicial (F<sub>0</sub>), máxima (F<sub>m</sub>), variável (F<sub>v</sub>), eficiência quântica potencial do FSII (F<sub>v</sub>/F<sub>m</sub>) das plantas de abobrinha italiana cultivada com solução nutritiva salina (CEsn) e aplicação exógena de peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) em sistema hidropônico.

Fontes de variação	GL	Quadrado Médio			
		F <sub>0</sub>	F <sub>m</sub>	F <sub>v</sub>	F <sub>v</sub> /F <sub>m</sub>
Solução nutritiva salina (CEsn)	3	3660,76*	68852,59 <sup>ns</sup>	43155,10 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>
Regressão Linear	1	10916,12**	169510,07 <sup>ns</sup>	94393,80 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>
Regressão Quadrática	1	66,01 <sup>ns</sup>	14012,64 <sup>ns</sup>	12155,06 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>
Peróxido de hidrogênio(H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )	3	303,01 <sup>ns</sup>	10948,01 <sup>ns</sup>	9340,60 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>
Regressão Linear	1	253,82 <sup>ns</sup>	6525,07 <sup>ns</sup>	9352,81 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>
Regressão Quadrática	1	435,76 <sup>ns</sup>	17655,76 <sup>ns</sup>	12544 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>
Interação (CEsn × H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )	9	806,79 <sup>ns</sup>	47158,96 <sup>ns</sup>	38406,14 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>
CV		7,03	8,03	9,32	2,17

ns, \*, \*\*, respectivamente não significativos e significativo a p < 0,05 e < 0,01; FV - Fonte de variação; CV- coeficiente de variação.

A fluorescência inicial obteve comportamento linear crescente à medida que aumentou a salinidade da solução nutritiva, obtendo maior valor de 530,63 nas plantas irrigadas com CEsn de 6,6 dS m<sup>-1</sup> (Figura 4). O parâmetro F<sub>0</sub> é definido como a emissão de fluorescência quando os centros de reação estão abertos e a quinona A (Q<sub>A</sub>) está totalmente oxidada (AZEVEDO NETO et al., 2011). O aumento da F<sub>0</sub> indica uma alteração no centro de reação do fotossistema II (FSII) que reduz a capacidade de transporte de elétrons, pela dissociação do complexo de antena do FSII e seu respectivo centro de reação, motivado pela fotoinibição (CINTRA et al., 2020). Diferentemente dos resultados obtidos neste estudo, Lima et al. (2019) em pesquisa avaliando a eficiência fotoquímica de algodoeiro sob condições de estresse salino em solo, observaram que o incremento da salinidade da água de 5,1 para 9,1 dS m<sup>-1</sup> resultou em diminuição na fluorescência inicial, máxima e variável das plantas.



**Figura 4.** Fluorescência inicial – F<sub>0</sub> das plantas de abobrinha italiana em função da solução nutritiva salina– CEsn em cultivo hidropônico.

Houve efeito significativo da interação entre a solução nutritiva salina (CEsn) e aplicação de peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) para produção total por planta, diâmetro basal dos frutos, diâmetro do terço médio inferior dos frutos, firmeza do terço médio inferior e sólidos solúveis totais (Tabela 4). De forma isolada, verifica-se efeito significativo da solução nutritiva salina e do peróxido de hidrogênio para o número de fruto e pH do fruto. Putti et al. (2018) ao avaliar o efeito da água salobra (CEa: 0; 1,25; 2,5; 3,75; 5,0 dS m<sup>-1</sup>) na cultura da abóbora de moita também verificaram a produção por planta, o diâmetro e o comprimento de frutos foram influenciados significativamente pela CEa.

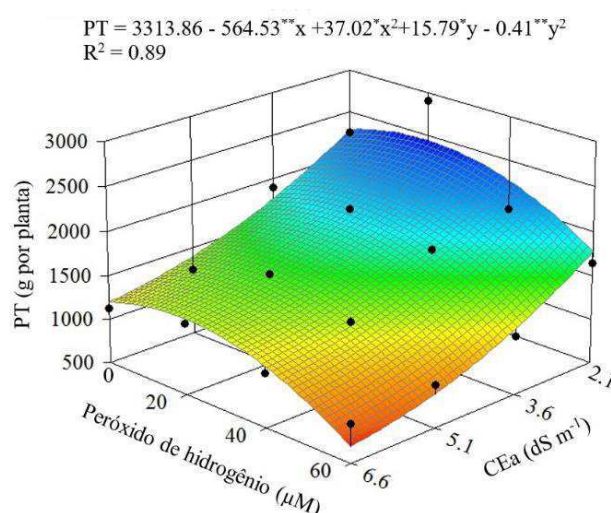
**Tabela 4.** Resultado do teste de Fisher (F) para produção total por planta (PT), número total de frutos (NTF), diâmetro basal dos frutos (DBF), diâmetro do terço médio inferior dos frutos (DTMIF), firmeza do diâmetro basal (FDB), firmeza do terço médio inferior (FTMI), sólidos solúveis totais (SS) e potencial hidrogeniônico (pH) das plantas de abobrinha italiana cultivada com solução nutritiva salina e aplicação exógena de peróxido de hidrogênio em sistema hidropônico.

Fontes de variação	GL	Quadrado Médio							
		PT	NTF	DBF	DTMIF	FDB	FTMI	SS	pH
Solução nutritiva salina (CEsn)	3	3730747,69**	6,77**	84,21**	41,50**	33,81 <sup>ns</sup>	78,56**	0,30**	1,11**
Regressão Linear	1	10657032,77**	20,00**	202,16**	114,44**	100,63 <sup>ns</sup>	212,76**	0,39*	3,01**
Regressão Quadrática	1	478689,28 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	30,26 <sup>ns</sup>	6,64 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	22,24 <sup>ns</sup>	0,41**	0,19 <sup>ns</sup>
Peróxido de hidrogênio(H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )	3	220924,59 <sup>ns</sup>	3,77**	1,48 <sup>ns</sup>	0,85 <sup>ns</sup>	20,27 <sup>ns</sup>	3,56 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,56**
Regressão Linear	1	521284,10 <sup>ns</sup>	7,81**	0,06 <sup>ns</sup>	1,85 <sup>ns</sup>	34,13 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,55*
Regressão Quadrática	1	91961,32 <sup>ns</sup>	2,25 <sup>ns</sup>	4,21 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	3,01 <sup>ns</sup>	0,37 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,34 <sup>ns</sup>
Interação (CEsn × H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )	9	601396,12**	3,31 <sup>ns</sup>	31,30*	15,50**	14,00 <sup>ns</sup>	28,10**	0,13*	0,19 <sup>ns</sup>
CV		26,35	21,33	5,94	5,19	6,51	4,90	5,63	5,36



ns, \*, \*\*, respectivamente não significativos e significativo a  $p < 0,05$  e  $p < 0,01$ ; CV= coeficiente de variação.

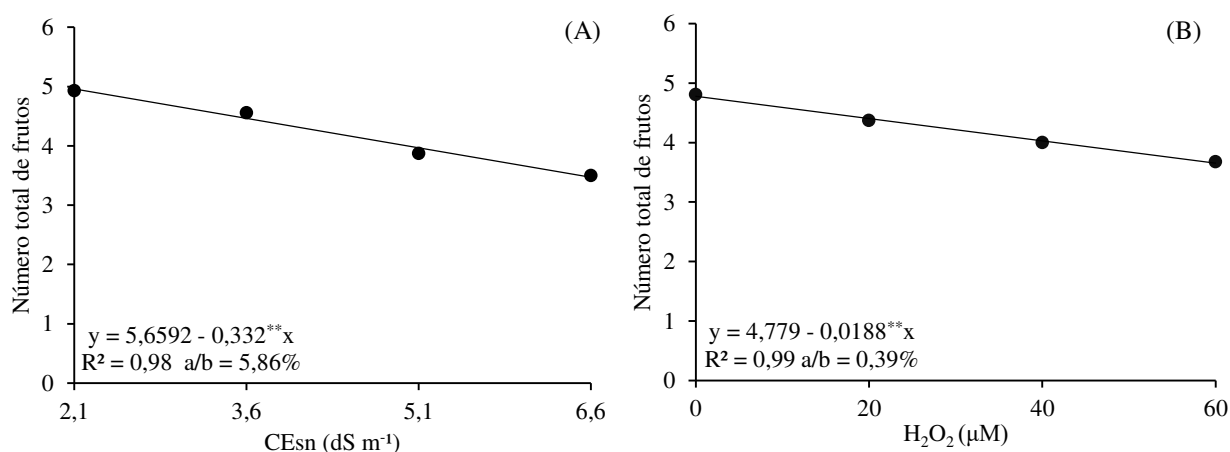
. Em condições de baixa salinidade da solução nutritiva ( $2,1 \text{ dS m}^{-1}$ ), a aplicação de  $\text{H}_2\text{O}_2$  na concentração de  $19 \mu\text{M}$  promoveu maior produção total por planta ( $2443,60 \text{ g por planta}$ ), indicando um efeito positivo do peróxido de hidrogênio nas plantas cultivada em solução nutritiva (Figura 5). O  $\text{H}_2\text{O}_2$  quando aplicado em concentração adequada pode ativar o mecanismo de defesa antioxidantes enzimáticos (catalase e peroxidase) nas plantas, reduzindo o efeito negativo das espécies reativa de oxigênio (KILIC et al., 2016). Por outro lado, quando as plantas foram cultivadas na solução nutritiva de maior salinidade ( $\text{CEsn} = 6,6 \text{ dS m}^{-1}$ ), a aplicação de  $\text{H}_2\text{O}_2$  foi menos expressiva, constatando-se menor produção total por planta ( $671,95 \text{ g por planta}$ ) na dose de  $60 \mu\text{M}$  de  $\text{H}_2\text{O}_2$ . Nesse sentido, verifica-se que, o aumento da salinidade reduziu produção total por planta, sendo intensificado pela aplicação de peróxido de hidrogênio que ocasiona efeito oxidativo.



**Figura 5.** Produção total por planta – PT das plantas de abobrinha italiana em cultivo hidropônico, em função da interação da solução nutritiva salina–  $\text{CEsn}$  e aplicação exógena de peróxido de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ). X e Y corresponde a  $\text{CEsn}$  e as concentrações de  $\text{H}_2\text{O}_2$ .

O número de fruto de abobrinha italiana (Figura 6A), decresceu linearmente com aumento dos níveis salinos da solução nutritiva, cujo decréscimo foi de  $5,86\%$  por incremento unitário de  $\text{CEsn}$ . Comparando-se as plantas cultivadas em solução nutritiva de  $2,1$  e  $6,6 \text{ dS m}^{-1}$ , verifica-se diminuição no número de frutos de  $30,10\%$ . O excesso

de sais na água provoca declínio na expansão das células, em decorrência da menor turgescência celular e, por conseguinte reflete na produção das plantas (KAUSHAL et al., 2016). Lima et al. (2016) em estudo, avaliando o crescimento e a produção do pimentão ‘All Big’, em função da irrigação com águas salinas (0,6 e 3,0 dS m<sup>-1</sup>) observaram redução acentuada no número de frutos por planta quando utilizaram CEa de 3,0 dS m<sup>-1</sup>.

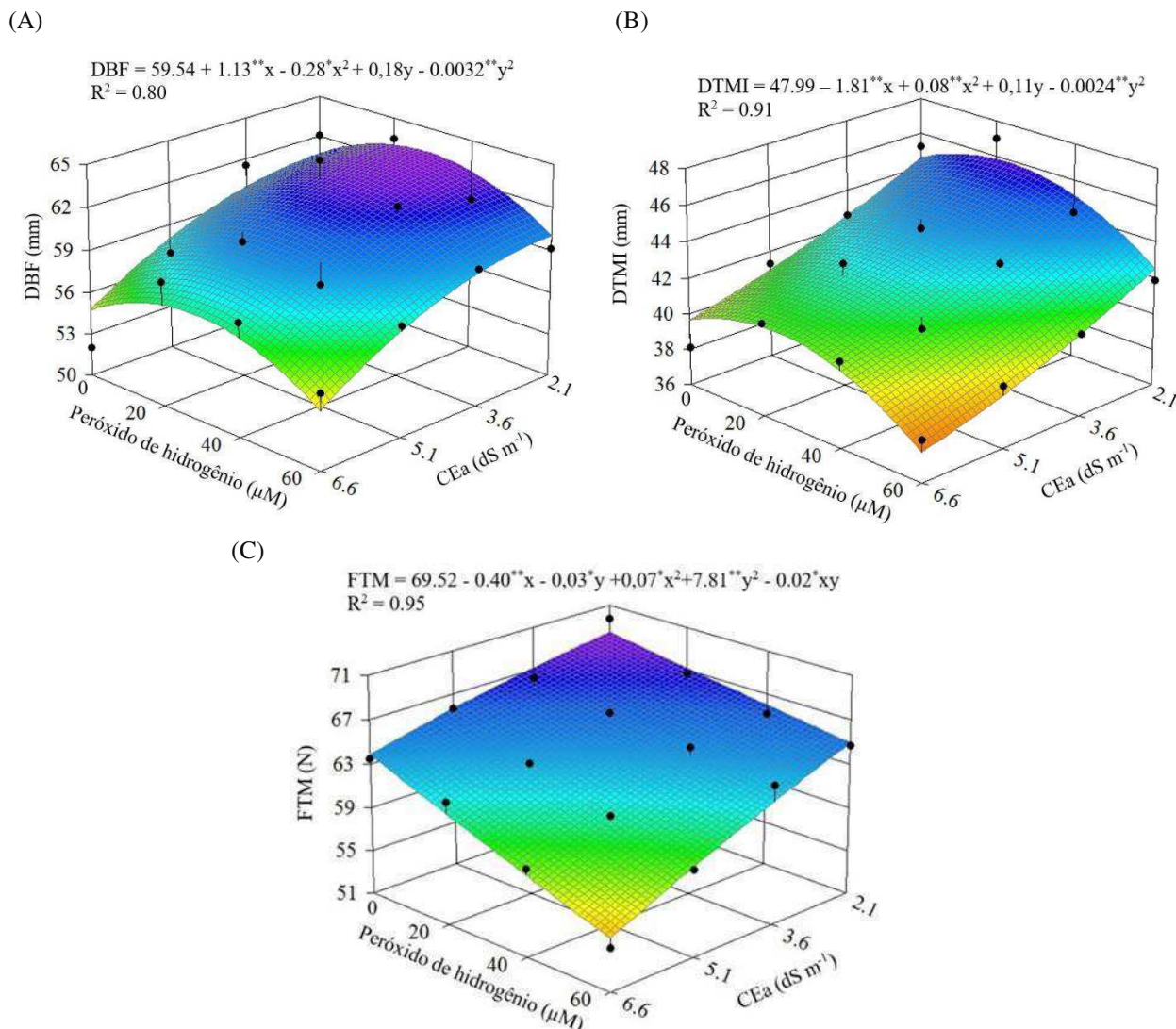


**Figura 6.** Número total de frutos da abobrinha italiana em função da solução nutritiva salina– CEsn (A), e peróxido de hidrogênio – H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (B) em cultivo hidropônico.

Com relação à aplicação de peróxido de hidrogênio, nota-se redução linear para o número de frutos (Figura 6B), com diminuição de 23,60% ao comparar o tratamento controle (0 μM) com as plantas que receberam a concentração de 60 μM H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Provavelmente a redução no número dos frutos foi ocasionado pelo acúmulo de espécies reativas de oxigênio (ROS) produzida pela mitocôndria, podendo levar a morte celular programada, que é coordenado pelo metabolismo para eliminar as células desnecessárias, atuando como mecanismo de defesa em condições de estresse, resultando efeito negativo no desenvolvimento, fotossíntese e órgãos reprodutivos da planta (SYCHTA et al., 2021).

Para o diâmetro basal dos frutos (Figura 7A) a salinidade da solução nutritiva de 2,1 dS m<sup>-1</sup> promoveu maior valor (63,21 mm) quando as plantas foram submetidas a concentração de 28 μM. Enquanto, o menor DBF de 54,08 mm foi registrado nos frutos das plantas cultivadas sob a concentração de 60 μM e solução nutritiva de 6,6 dS m<sup>-1</sup>. Na Figura 6B, para o tratamento controle (2,1 dS m<sup>-1</sup>) o aumento da concentração de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> promoveu uma redução mais acentuada no diâmetro do terço médio dos frutos do que nas plantas cultivadas em solução nutritiva mais salina (6,6 dS m<sup>-1</sup>). A concentração

de 20  $\mu\text{M}$  pode ter contribuído no metabolismo das plantas juntamente com os hormônios e moléculas de sinalização, ativando a produção dos compostos orgânicos e enzimas antioxidantes para minimizar o efeito do estresse na planta, refletindo nos frutos (SOHAG et al., 2020).

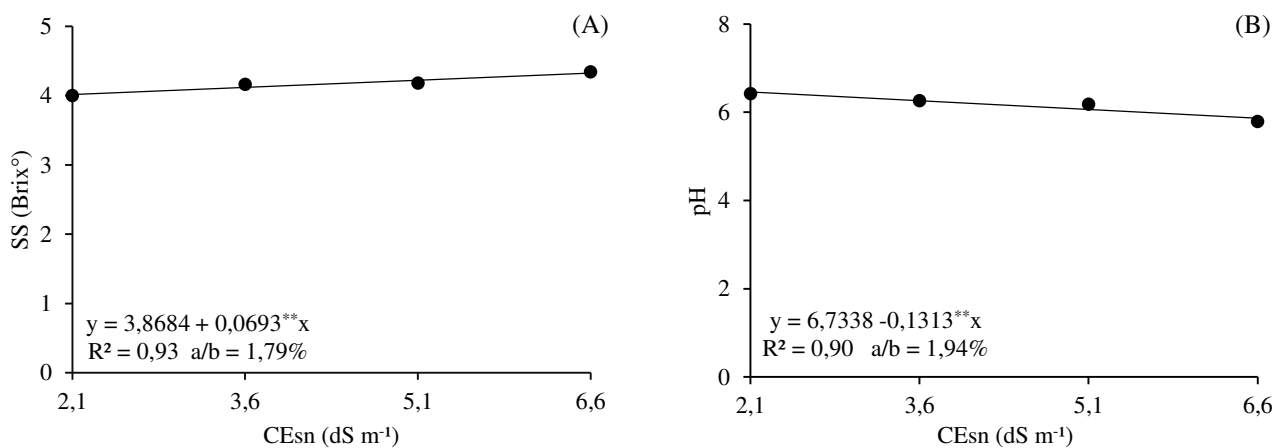


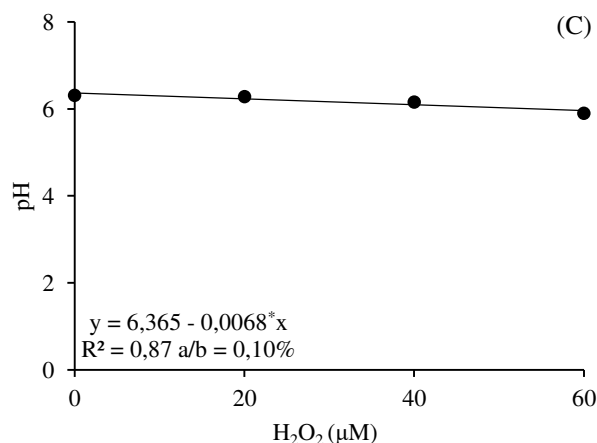
**Figura 7.** Diâmetro basal dos frutos – DBF (A), diâmetro do terço médio inferior – DTMI (B) e firmeza do terço médio inferior - FTMI (C) das plantas de abobrinha italiana em cultivo hidropônico, em função da interação da solução nutritiva salina–CEsn e aplicação exógena de peróxido de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ). X e Y corresponde a CEsn e as concentrações de  $\text{H}_2\text{O}_2$ , respectivamente.

Para firmeza do terço médio inferior (Figura 7C), verifica-se que as plantas submetidas à CEsn de  $2,1 \text{ dS m}^{-1}$  e peróxido de hidrogênio na concentração de  $60 \mu\text{M}$ , obtiveram o maior valor ( $68,27 \text{ N}$ ). Por outro lado, a menor FTMI de  $55,01 \text{ N}$  foi verificado nas plantas cultivadas sob concentração de peróxido de hidrogênio  $40 \mu\text{M}$  e

CEsn de 6,6 dS m<sup>-1</sup>. O aumento da firmeza do fruto quando irrigado com a solução nutritiva pode ser atribuído ao peróxido de hidrogênio que atua como ativador de proteínas, prolina e enzimas que maximiza o rendimento e a qualidade dos frutos (KHANDAKER et al., 2012).

Os sólidos solúveis totais dos frutos de abobrinha italiana aumentaram linearmente em função da condutividade elétrica da solução nutritiva, cujo incremento unitário foi de 1,79% (Figura 8A). Os sólidos solúveis totais é uma característica essencial para produtos comercializado *in natura*, uma vez que o aumento na concentração de sólidos solúveis totais apresenta correlação positiva com os teores açúcares e ácidos orgânicos presentes no fruto (CANUTO et al., 2010). Para Simões et al. (2019) o aumento do teor de açúcares ocorre como resultado de redução da capacidade da planta em absorver água do solo. Contudo, o acúmulo de açúcares pode ser uma estratégia para reduzir o potencial hídrico e favorecer o ajuste osmótico celular. Souza et al. (2020) ao avaliarem a qualidade dos frutos de abobrinha cv. Caserta-Italiana cultivadas em vasos, utilizando-se um Argissolo e diferentes níveis de salinidade da água de irrigação também verificaram aumento dos sólidos solúveis nos frutos, obtendo-se incremento de 21,93% (0,68 °Brix) quando comprado a CEa 0,5 a 5,0 dS m<sup>-1</sup>.





**Figura 8.** Sólidos solúveis totais – SST da polpa dos frutos de abobrinha italiana em função da solução nutritiva salina – CESn (A), e potencial hidrogeniônico – pH da polpa de frutos de abobrinha italiana em função da CESn (B), e peróxido de hidrogênio – H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (C) em cultivo hidropônico.

O potencial hidrogeniônico (pH) reduziu com o aumento da salinidade da solução nutritiva (Figura 8B), sendo o declínio de 1,94% por aumento unitário da CESn. O maior pH de frutos de abobrinha italiana 6,46 foi obtido sob CESn 2,1 dS m<sup>-1</sup>, evidenciando que o excesso de sais da solução nutritiva aumentou a acidez nos frutos. O pH fornece uma indicação do grau de deterioração da qualidade do fruto (NASSER et al., 2014). O ideal para impedir a proliferação de microorganismos é a obtenção de frutos com pH inferior a 4,5 e valores superiores ao pH de 4,5, exigem longos períodos para esterilização da matéria prima em processamento térmico (MONTEIRO et al., 2008). Esse resultado de pH de frutos está em consonância com o encontrado por Araújo et al. (2014), que verificaram variação do pH entre 6,58 e 6,74 para frutos de abobrinha Moita produzidos com doses de 50 e 200 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O em cobertura do solo. Lima et al. (2020) ao avaliarem os efeitos da irrigação com água de salinidade crescente e adubação com fósforo na composição físico-química pós-colheita dos frutos *in natura* de aceroleira ‘BRS 366 Jaburu’, também observaram que o incremento nos níveis de CEa de 0,6 para 3,8 dS m<sup>-1</sup> reduziram o potencial hidrogeniônico dos frutos.

Quanto ao peróxido de hidrogênio (Figura 8C), o pH da polpa dos frutos reduziu com aumento das concentrações H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, cuja diminuição foi de 2,13% para cada incremento de 20 μM. As plantas submetidas a aplicação de 60 μM de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> reduziram o potencial hidrogeniônico dos frutos em 6,43% em relação as que ao tratamento controle (0 μM). A diminuição no pH dos frutos de abobrinha possivelmente ocorreu

devido à elevada concentração de sais na solução nutritiva reduzir a absorção de água e nutrientes pelas plantas e promover alterações na permeabilidade das membranas. Tais alterações afetam o equilíbrio hídrico e de nutrientes, metabolismo hormonal, trocas gasosas e produção de espécies reativas de oxigênio e em excesso, pode causar danos a lipídios, proteínas e DNA, levando a uma alteração da função estrutural e/ou sua inibição (ROSSATTO et al., 2017).

#### 4. CONCLUSÕES

A solução nutritiva com condutividade elétrica acima de 2,1 dS m<sup>-1</sup> promoveu redução nas trocas gasosas e no número total de frutos das plantas de abobrinha italiana em cultivo hidropônico.

O acréscimo dos níveis salinos da solução nutritiva aumentou o teor de sólidos solúveis totais dos frutos e a fluorescência inicial de abobrinha italiana.

O H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> não afeta as trocas gasosas e florescência da clorofila da abobrinha italiana, aos 33 dias após sua aplicação.

Em condições de salinidade da solução nutritiva acima de 2,1 dS m<sup>-1</sup>, o peróxido de hidrogênio não conseguiu atenuar os efeitos do estresse salino nas plantas de abobrinha italiana.

A aplicação de 20 µM de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> quando as plantas foram cultivadas em solução nutritiva de 2,1 dS m<sup>-1</sup> promoveu maior peso total dos frutos e diâmetro basal dos frutos de abobrinha italiana.

#### 5. REFERÊNCIAS

- Alam, A. M.; Juraimi, A. S.; Rafii, M. Y.; Hamid, A. A. Effect of salinity on biomass yield and physiological and stem-root anatomical characteristics of purslane (*Portulaca oleracea* L.) accessions. **BioMed Research International**, v. 2015, n. 1, p. 1-15, 2015.
- Araújo, H. S.; Cardoso, A. I. I.; Evangelista, R. M.; Takata, W. H. S.; Silva, E. G. da. Características físico-químicas de frutos de abobrinha-de-moita em função de doses de potássio em cobertura. **Revista Colombiana de Ciências Hortícolas**, v. 8, n. 2, p. 242-249, 2014.

- Astaneh, R. K.; Bolandnazar, S.; Nahandi, F. Z.; Oustan, S. The effects of selenium on some physiological traits and K, Na concentration of garlic (*Allium sativum* L.) under NaCl stress. **Information Processing in Agriculture**, v. 5, n. 1, p. 156-161, 2018.
- Azevedo Neto, A. D. de; Pereira, P. P. A.; Costa, D. P.; Santos, A. C. C. dos. Fluorescência da clorofila como uma ferramenta possível para seleção de tolerância à salinidade em girassol. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 4, p. 893-897, 2011.
- Canuto, G. A. B.; Xavier, A. A. O.; Neves, L. C.; Benassi, M. de T. Caracterização físico-química de polpas de frutos da Amazônia e sua correlação com a atividade anti-radical livre. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 4, p. 1196-1205, 2010.
- Carvalho, F. E. L.; Lobo, A. K. M.; Bonifacio, A.; Martins, M. O.; Lima Neto, M. C.; Silveira, J. A. G. Aclimação ao estresse salino em plantas de arroz induzida pelo pré-tratamento com H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 4, p. 416-423, 2011.
- Cintra, P. H. N.; Melo, O. F. P. de; Menezes, J. O. S. de; Padilha, R. C.; Rezende, A. G.; Matos, E. R. dos. Análise de fluorescência da clorofila *a* em mudas de cafeeiro sob estresse hídrico. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 5, p. 28006-28014, 2020.
- Dantas, M. V.; Lima, G. S. de; Gheyi, H. R.; Pinheiro, F. W. A.; Silva, L. de A.; Fernandes, P. D. Summer squash morphophysiology under salt stress and exogenous application of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> in hydroponic cultivation. **Comunicata Scientiae**, v. 12, e3464, 2021.
- Delfim, T. F.; Mauch, C. R. Fenologia, qualidade e produtividade de frutos de genótipos de abobrinha cultivado em ambiente protegido. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**, v. 11; n. 3, p. 49-55, 2017.
- Dias, A. S.; Lima, G. S. de; Pinheiro, F. W. A.; Gheyi, H. R.; Soares, L. A. dos. A. Gas exchanges, quantum yield and photosynthetic pigments of west indian cherry under salt stress and potassium fertilization. **Revista Caatinga**, v. 32, n. 2, p. 429-439, 2019.
- Dias, A. S.; Lima, G. S. de; Gheyi, H. R.; Nobre, R. G.; Fernandes, P. D.; Silva, F. A. da. Trocas gasosas e eficiência fotoquímica do gergelim sob estresse salino e adubação com nitrato-amônio. **Irriga**, v. 23, n. 2, p. 220-234, 2018.
- Grangeiro, L. C.; Cordeiro, C. J. X.; Sousa, V. de F. L.; Santos, J. P.; Souza, F. I.; Ferreira, N. M. Spacing between plants and cultivar affect the production

- components of Italian zucchini. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 24, n. 5, p. 332-336, 2020.
- Hoagland, D. R.; Arnon, D. I. The water-culture method for growing plants without soil. Circular. **California Agricultural Experiment Station**, v. 347, n. 2. ed., 32 p., 1950.
- Hossain, M. A.; Fujita, M. Hydrogen Peroxide Priming Stimulates Drought Tolerance in Mustard (*Brassica juncea* L.) Seedlings. **Plant Gene Trait**, v. 4, n. 20, p.109-123, 2013.
- Jacinto Júnior, S. G.; Moraes, J. G. L.; Silva, F. do B. D.; Silva, B. do N.; Sousa, G. G. de; Oliveira, L. L. B. de; Mesquita, R. O. Respostas fisiológicas de genótipos de fava (*Phaseolus lunatus* L.) submetidas ao estresse hídrico cultivadas no Estado do Ceará. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 34, n. 3, p. 413-422, 2019.
- Kaushal, M.; Wani, S. P. Rhizobacterial-plant interactions: strategies ensuring plant growth promotion under drought and salinity stress. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 231, p. 68-78, 2016.
- Khandaker, M. M.; Boyce, A. N.; Osman, N. The influence of hydrogen peroxide on the growth, development and quality of wax apple (*Syzygium samarangense*, [Blume] Merrill & LM Perry var. jambu madu) fruits. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 53, p. 101-110, 2012.
- Kilic, S.; Kahraman, A. The mitigation effects of exogenous hydrogen peroxide when alleviating seed germination and seedling growth inhibition on salinity-induced stress in barley. **Polish Journal of Environmental Studies**, v. 25, n. 3, p. 1053-1059, 2016.
- Kotagiri, D.; Kolluru V. C. Effect of salinity stress on the morphology and physiology of five different coleus species. **Biomedical and Pharmacology Journal**, v. 10, n. 4, p. 1639-1649, 2017.
- Li, H.; Chang, J.; Chen, H.; Wang, Z.; Gu, X.; Wei, C.; Zhang, Y.; Ma, J.; Yang, J.; Zhang, X. Exogenous melatonin confers salt stress tolerance to watermelon by improving photosynthesis and redox homeostasis. **Frontiers in plant science**, v. 8, p. 295, 2017.
- Lima, B. R. de; Oliveira, E. P.; Donato Júnior, E. P.; Bebé, F. V. Uso e qualidade de água subterrânea utilizada por agricultores familiares no Território Sertão Produtivo, Estado da Bahia, Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 7, n. 16, p. 679-689, 2020.



- Lima, G. S. de; Dias, A. S.; Soares, L. A. dos A.; Gheyi, H. R.; Nobre, R. G.; Silva, A. A. R. da. Eficiência fotoquímica, partição de fotoassimilados e produção do algodoeiro sob estresse salino e adubação nitrogenada. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 42, n. 1, p. 214-225, 2019.
- Lima, G. S. da; Dias, A. S.; Gheyi, R. R.; Soares, L. A. dos A.; Nobre, R. G.; Pinheiro, F. W. A.; Silva, A. A. R. da. Gas exchanges and production of colored cotton under salt stress and nitrogen fertilization. **Bioscience Journal**, v. 33, n. 6, p. 1495-1505, 2017.
- Lima, G. S. de; Santos, J. B. dos; Soares, L. A. dos A.; Gheyi, H. R.; Nobre, R. G., Pereira, R. F. Irrigação com águas salinas e aplicação de prolina foliar em cultivo de pimentão ‘All Big’. **Comunicata Scientiae**, v. 7, n. 4, p. 513-522, 2016.
- Lima, G. S. de; Silva, A. R. P. da; Sá, F. V. da; Gheyi, H. R.; Soares, L. A. dos A. Physicochemical quality of fruits of West Indian cherry under saline water irrigation and phosphate fertilization. **Revista Caatinga**, v. 33, n. 1, p. 217-225, 2020.
- Loureiro, J. P. B.; Gonçalves, C. M.; AlemSarges, D. B.; Rocha, J. N.; Frazão, J. C. S.; Santos, L. C. dos; Silva, V. S. da. Comparação sobre a viabilidade econômica de sistemas de produção de hortaliças hidropônicas com diferentes níveis de tecnologia, nos municípios de Concórdia do Pará e Tomé-Açu-PA. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 11, p. 24607-24621, 2019.
- Medeiros, J. F. Qualidade da água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo "GAT" nos Estado do RN, PB e CE. Campina Grande: UFCG. 1999. 173 f. Dissertação (Mestrado Engenharia Agrícola: Área de Concentração em Irrigação e Drenagem).
- Melo, H. F. de; Souza, E. R. de; Duarte, H. H.; Cunha, J. C.; Santos, H. R. Gas exchange and photosynthetic pigments in bell pepper irrigated with saline water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, n. 1, p. 38-43, 2017.
- Monteiro, C. S.; Balbi, M. E.; Miguel, O. G.; Pentead, P. T. da S.; Haracemiv, S. M. C. Qualidade nutricional e antioxidante do tomate “tipo italiano”. **Alimentos e Nutrição**, v. 19, n. 1, p. 25-31, 2008.
- Nasser, M. D.; Zonta, A. Caracterização de frutos de genótipos de aceroleira em função de estádios de maturação. **Revista Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v. 8, n. 5, p. 76-78, 2014.

- Oliveira, N. L. C. de; Mário, P.; Bhering, A. da S.; Cecon, P. R.; Santos, R. H. S.; Silva, G. do C. C. da. Crescimento e produção da abobrinha em função de concentração e via de aplicação da urina de vaca. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 3, n. 2, p. 129-136, 2013.
- Potrich, A. C.; Pinheiro, R.; Schmidt, D. Alface hidropônica como alternativa de produção de alimentos de forma sustentável. **Enciclopédia Biosfera**, v. 8, n. 15, p. 36-48, 2012.
- Putti, F. F.; Silva, A. O. da; Junior, J. F. S.; Gabriel Filho, L. R. A.; Klar, A. E. Crescimento e produção da abobrinha sob irrigação com água salobra. **Irriga**, v. 23, n. 4, p. 713-726, 2018.
- Ribeiro, J. da S.; Sousa, L. V. de; Silva, T. I. da; Nóbrega, J. S.; Figueiredo, F. R. A.; Bruno, R. de L. A.; Dias, T. J.; Albuquerque, M. B. de. *Citrullus lanatus* morphophysiological responses to the combination of salicylic acid and salinity stress. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 15, n. 1, e6638, 2020.
- Rossatto, T.; Amaral, M. N. do; Benitez, L. C.; Vighi, I. L.; Braga, E. J. B.; Magalhães Júnior, A. M. de; Maia, M. A. C.; Pinto, L. da S. Gene expression and activity of antioxidant enzymes in rice plants, cv. BRS AG, under saline stress. **Physiology and Molecular Biology of Plants**, v. 23, n. 4; p. 865-875, 2017.
- Sá, F. V. da S.; Gheyi, H. R.; Lima, G. S. de; Paiva, E. P. de; Silva, L. de A.; Moreira, R. C. L.; Dias, A. S. Ecophysiology of West Indian cherry irrigated with saline water under phosphorus and nitrogen doses. **Bioscience Journal**, v. 35, n. 1, 2019.
- Santos, R. H. S. dos; Reis, L. S.; Dias, M. dos S.; Silva, F. D. A.; Santos, J. P. de O.; Santos, S. C. dos; Tavares, C. L. Desempenho da rúcula sob condições de sombreamento e níveis de salinidade da água de irrigação. **Colloquium Agrariae**, v. 16, n. 4, p. 38-45, 2020.
- Savvides, A.; Ali, S.; Tester, M.; Fotopoulos, V. Chemical Priming of Plants Against Multiple Abiotic Stresses: Mission Possible? **Trends Plant Sci.** v. 21, n. 4, p. 329 – 340, 2016.
- Silva, A. A. R. da; Lima, G. S. de; Azevedo, C. A. V. de; Gheyi, H. R.; Souza, L. de P.; Veloso, L. L. de S. A. Gas exchanges and growth of passion fruit seedlings under salt stress and hydrogen peroxide. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 49, e55671, 2019.
- Silva, A. A. R. da.; Lima, S. G. de; Azevedo, C. A. V. de; Veloso, L. L. de S. A.; Capitulino, D. C.; Gheyi, R. H. Induction of tolerance to salt stress in soursop

- seedlings using hydrogen peroxide. **Comunicata Scientiae**, v. 10, n. 4, p. 484-490, 2019.
- Silva, P. C. C.; Azevedo Neto, A. D. de; Gheyi, H. R.; Ribas, R. F.; Silva, C. R. dos R.; Cova, A. M. W. Salt-tolerance induced by leaf spraying with H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> in sunflower is related to the ion homeostasis balance and reduction of oxidative damage. **Heliyon**, v. 6, n. 9, p. e05008, 2020.
- Simões, W. L.; Coelho, D. S.; Mesquita, A. C.; Calgaro, M.; Silva, J. S. da. Physiological and biochemical responses of sugarcane varieties to salt stress. **Revista Caatinga**, v. 32, n. 4, p. 1069-1076, 2019.
- Sohag, A. A. M.; Tahjib-Ul-Arif, M.; Brestic, M.; Afrin, S.; Sakil, A. M.; Hossain, T. M.; Hossain, M. A.; Hossain, A. M. Exogenous salicylic acid and hydrogen peroxide attenuate drought stress in rice. **Plant, Soil and Environmet**, v. 66, n. 1, p. 7-13, 2020.
- Souza, L. de P.; Nobre, R. G.; Fatima, R. T.; Pimenta, T.; Diniz, G. L. Barbosa, J. L. Morfofisiologia e qualidade de porta-enxerto de cajueiro sob peróxido de hidrogênio e estresse salino. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 13, n. 3, p. 3477, 2019.
- Souza, M. W. de L.; Torres, S. B.; Oliveira, F. de A. de; Marques, I. C. da S.; Pereira, K. T. O.; Guimarães, Í. T. Saline-water irrigation and plant growth regulator application on zucchini fruit yield and quality. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 24, p. 679-684, 2020.
- Sychta, K.; Słomka, A.; Kuta, E. Insights into Plant Programmed Cell Death Induced by Heavy Metals—Discovering a Terra Incognita. **Cells**. v. 10, n. 1, p. 1-65, 2021.
- Veloso, L. L. de S. A.; Lima, G. S. de; Azevedo, C. A. V. de; Nobre, R. G.; Silva, A. A. R. da; Capitulino, J. D.; Gheyi, H. R.; Bonifácio, B. F. Physiological changes and growth of soursop plants under irrigation with saline water and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> in post-grafting phase. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 41, n. 6, Suplemento 2, p. 3023-3038, 2020.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A abobrinha italiana é uma hortaliça fruto com relevância socioeconômica no Brasil, destacando entre as dez hortaliças mais comercializada, por apresentar altos teores de nutrientes, fibra e baixo teor calórico. Essa cultura, possui grande potencial para exploração no semiárido Nordeste, podendo gerar emprego e a economia da região, mantendo a sustentabilidade do homem no campo.

No entanto, as chuvas irregulares na região e alta taxa de evaporação dificulta agricultura, impulsiona as práticas de irrigação para obter a produção. Pois, com a escassez hídrica no período de estiagem, os agricultores geralmente utilizam água com excesso de sais solúveis, proveniente de poço ou açudes para dar continuidade a produção agrícola.

O cultivo hidropônico com água salobra possibilita os agricultores controle da condutividade elétrica e pH da solução nutritiva, podendo melhorar as condições de cultivos e reduzir os impactos ambientais. Pois, o excesso de sais ocasiona efeito negativo no crescimento e desenvolvimento das culturas, restringindo a absorção de água pelas raízes e afetando o comportamento osmótico, que pode intensificar no efeito tóxico, ocasionando distúrbios nutricionais, hormonais, atividades de enzimas e a fotossíntese, causando efeito deletério nas plantas, prejudicando a produção e qualidade dos frutos.

Para minimizar os danos da salinidade nas plantas, são adotados o uso de atenuadores do estresse, como o peróxido de hidrogênio que é referenciado por várias pesquisas como sinalizador do estresse que induz as plantas a produzir proteínas, carboidratos e enzimas antioxidantes que atua no processo de aclimatação e homeostase das plantas.

No entanto, com base nos resultados obtidos, o peróxido de hidrogênio não atenuou o efeito dos sais sobre abobrinha italiana. Mas, foi constatado que a concentração de 20  $\mu\text{M}$   $\text{H}_2\text{O}_2$  sob condições de baixa salinidade contribui no aumento da massa fresca e diâmetro basal dos frutos que são características essenciais para comercialização. Enquanto, a maioria das variáveis de crescimento, fisiológicas, produção e pós-colheita obtiveram melhores resultados no cultivo irrigado com condutividade elétrica da solução nutritiva de 2,1  $\text{dS m}^{-1}$ , independente da dosagem de peróxido de hidrogênio.

Por fim, pode-se verificar que a abobrinha italiana é sensível a CEs<sub>n</sub> de 6,6 dS m<sup>-1</sup>, causando maiores efeito deletério nas variáveis estudadas, além disso, pode-se recomendar para futuras pesquisas, testar a frequência de aplicações exógena de peróxido de hidrogênio, com a finalidade de validar os resultados obtidos no presente estudo.