

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROBIOLOGIA**

Mariane Peripolli

**BIOESTIMULANTES NA MORFOLOGIA, FISIOLOGIA E
QUALIDADE DE FRUTOS DE TOMATE SUBMETIDO AO ESTRESSE
HÍDRICO**

**Santa Maria, RS, Brasil
2019**

Mariane Peripolli

**BIOESTIMULANTES NA MORFOLOGIA, FISIOLOGIA E QUALIDADE DE
FRUTOS DE TOMATE SUBMETIDO AO ESTRESSE HÍDRICO**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Agrobiologia, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Agrobiologia**.

Orientador: Antônio Carlos Ferreira da Silva

Santa Maria, RS, Brasil
2019

Peripolli, Mariane
Bioestimulantes na morfologia, fisiologia e qualidade
de frutos de tomate submetido ao estresse hídrico /
Mariane Peripolli.- 2019.
61 p.; 30 cm

Orientador: Antônio Carlos Ferreira da Silva
Coorientador: Sylvio Henrique Bidel Dornelles
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Programa de
Pós-Graduação em Agrobiologia, RS, 2019

1. Condição hídrica 2. Momento de aplicação 3. Tempo de
prateleira I. Ferreira da Silva, Antônio Carlos II. Bidel
Dornelles, Sylvio Henrique III. Título.

Sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFSM. Dados fornecidos pelo autor(a). Sob supervisão da Direção da Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central. Bibliotecária responsável Paula Schoenfeldt Patta CRB 10/1728.

© 2019

Todos os direitos autorais reservados a Mariane Peripolli. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

Endereço: Av. Roraima 1000 prédio 42 sala Cláudio Mussoi - Santa Maria, RS, 97105900.

E-mail: mperipolli@gmail.com

Mariane Peripolli

**BIOESTIMULANTES NA MORFOLOGIA, FISIOLOGIA E QUALIDADE DE
FRUTOS DE TOMATE SUBMETIDO AO ESTRESSE HÍDRICO**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Agrobiologia, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Agrobiologia**.

Aprovado em 09 de agosto de 2019:

Antônio Carlos Ferreira da Silva, Dr (UFSM)
(Presidente/Orientador)

Sylvio Henrique Bidel Dornelles, Dr. (UFSM)
(Co-orientador)

Danie Martini Sanchotene, Dr (URI)
(Examinador)

Santa Maria, RS, Brasil
2019

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelo dom da vida!

À Universidade Federal de Santa Maria pela possibilidade da execução deste trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior com a concessão da Bolsa de Mestrado, recurso essencial para condução e incentivo à pesquisa acadêmica.

Ao meu co-orientador, professor Dr. Sylvio Henrique Bidel Dornelles pelo incentivo, dedicação, criatividade e principalmente sua amizade e profissionalismo, na qual levarei como exemplo.

Ao professor Dr. Danie Martini Sanchotene por seus conselhos, confiança, palavras sempre positivas e incentivadoras, e principalmente sua amizade e profissionalismo, na qual levarei como exemplo.

Aos professores Dr. Antônio Carlos Ferreira da Silva, Dr. Sidinei José Lopes e Dra. Luciane Almeri Tabaldi pela disposição, dedicação e orientação nas análises e discussão dos dados.

Aos meus pais Ildo Luiz e Marilene pelo apoio incontestável, amor, dedicação e por não medirem esforços na minha formação, que, muitas vezes, renunciaram aos seus sonhos, para a realização do meu.

A minha irmã Vanessa, que é o laço que sempre ligará o meu passado a meu presente e futuro. Obrigada pelos conselhos, incentivo, amor e confiança.

A minha madrinha Beatriz (*in memoriam*) e avô Bortolo (*in memoriam*), amor incondicional e eterno, que, aonde quer que estejam, nunca deixaram de me amar e confiar em mim.

Aos membros do grupo interdisciplinar de pesquisa em herbologia (GIPHe) e colegas e amigos da Estação de Pesquisa e Desenvolvimento Biomonte, que sem eles, não seria possível a realização desse trabalho.

Muito obrigada!

RESUMO

BIOESTIMULANTES NA MORFOLOGIA, FISIOLOGIA E QUALIDADE DE FRUTOS DE TOMATE SUBMETIDO AO ESTRESSE HÍDRICO

AUTORA: Mariane Peripolli
ORIENTADOR: Antônio Carlos Ferreira da Silva

O tomate é uma hortaliça de importância econômica e social para o Brasil. Adapta-se a diversas condições climáticas, no entanto, é sensível ao estresse hídrico que pode provocar danos em seu desenvolvimento e produtividade. A fim de minimizar os prejuízos causados pelo estresse hídrico, surgem os bioestimulantes, os quais apresentam em sua composição substâncias cuja função é proteger as plantas dos estresses bióticos e abióticos. Essa dissertação tem por objetivo avaliar o efeito de bioestimulantes na mitigação de estresse hídrico provocado em plantas de tomateiro. O experimento foi conduzido em casa de vegetação utilizando-se o delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2x2x6, com cinco repetições. Foram aplicadas duas condições hídricas do solo (50% e 100% da capacidade de retenção de água do solo), dois momentos de aplicação (início do florescimento e início da frutificação) e seis bioestimulantes (sem tratamento; Seed⁺; Seed⁺ + Crop⁺ 1x; Seed⁺ + Crop⁺ 2x; Crop⁺ 1x; Crop⁺ 2x). Foram avaliados parâmetros fotossintéticos, aspectos morfológicos e qualidade de frutos de tomateiro. A partir dos resultados obtidos, conclui-se que, em ambiente protegido, a aplicação de bioestimulantes, a base de extratos de *Ascophyllum nodosum*, podem constituir uma alternativa aos estimulantes sintéticos de plantas, servindo de apoio aos fertilizantes tradicionais, pois conseguiu reverter os danos de estresse na qualidade de frutos de tomate. Além disso, o uso de bioestimulantes, aumentou o tempo de prateleira sem perder a qualidade do fruto. Quanto aos parâmetros fotossintéticos, a aplicação de bioestimulantes manteve o índice de eficiência quântica potencial do fotossistema II (F_v/F_m) próximo ao normal, mesmo quando submetido ao estresse hídrico. A aplicação de bioestimulantes Seed⁺ e Crop⁺ foram eficientes no controle da peroxidação lipídica, além de aumentar as atividades enzimáticas proporcionalmente ao aumento das doses dos bioestimulantes. Torna-se evidente, a eficiência do uso dos bioestimulantes, na proteção da planta, produtividade e qualidade dos frutos de tomate sob estresse hídrico.

Palavras-chave: *Solanum lycopersicum*. Produtividade. Qualidade. Água.

ABSTRACT

BIOESTIMULANTS IN MORPHOLOGY, PHYSIOLOGY AND QUALITY OF TOMATO FRUIT SUBMITTED TO WATER STRESS

AUTORA: Mariane Peripolli
ORIENTADOR: Antônio Carlos Ferreira da Silva

Tomato is a vegetable of economic and social importance for Brazil. It adapts to different climatic conditions, however, it is sensitive to water stress that can cause damage to its development and productivity. In order to minimize the damages caused by water stress, biostimulants appear, which present in their composition substances whose function is to protect plants from biotic and abiotic stresses. This dissertation aims to evaluate the effect of biostimulants on the mitigation of water stress caused in tomato plants. The experiment was conducted in a greenhouse using a completely randomized design, in a 2x2x6 factorial scheme, with five replications. Two soil water conditions (50% and 100% soil water retention capacity), two application times (beginning of flowering and beginning of fruiting) and six bioestimulants (without treatment; Seed⁺; Seed⁺ + Crop⁺ 1x; Seed⁺ + Crop⁺ 2x; Crop⁺ 1x; Crop⁺ 2x). Photosynthetic parameters, morphological aspects and tomato fruit quality were evaluated. From the results obtained, it is concluded that in a protected environment the application of biostimulants, based on extracts of *Ascophyllum nodosum*, may be an alternative to synthetic plant stimulants, serving as a support for traditional fertilizers, as it has been able to revert stress damages in fruit quality of tomato. In addition, the use of biostimulants, increased the shelf life without losing the quality of the fruit. Regarding the photosynthetic parameters, the application of biostimulants kept the potential quantum efficiency index of photosystem II (Fv / Fm) close to normal, even when subjected to water stress. The application of biostimulants Seed⁺ and Crop⁺ were efficient in the control of lipid peroxidation, besides increasing the enzymatic activities in proportion to the increase of the doses of biostimulants. It is evident, the efficiency of the use of biostimulants, in plant protection, productivity and quality of tomato fruits under water stress.

Keywords: *Solanum lycopersicum*. Productivity. Quality. Water.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	9
2 OBJETIVOS	12
2.1 OBJETIVO GERAL	12
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
3 REVISÃO DE LITERATURA	12
3.1 CARACTERÍSTICAS MORFOFISIOLÓGICAS DE <i>Solanum lycopersicon</i> L.	12
3.2 EFEITOS DO ESTRESSE HÍDRICO EM TOMATEIRO	13
3.3 USO DE BIOESTIMULANTES E A PROTEÇÃO AO ESTRESSE HÍDRICO	15
4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	18
5 CAPÍTULO I - USO DE BIOESTIMULANTES SEED⁺ E CROP⁺ NA QUALIDADE DE FRUTOS DE TOMATEIRO SOB ESTRESSE HÍDRICO	25
RESUMO	26
ABSTRACT	27
INTRODUÇÃO	27
MATERIAL E MÉTODOS	28
RESULTADOS	31
DISCUSSÃO	34
CONCLUSÃO	37
REFERÊNCIAS	37
6 CAPÍTULO II - Respostas fotossintéticas, enzimáticas e produtivas da aplicação de bioestimulantes em tomateiro submetidos ao estresse hídrico	42
RESUMO	43
ABSTRACT	44
INTRODUÇÃO	44
MATERIAL E MÉTODOS	46
RESULTADOS	Erro! Indicador não definido.
DISCUSSÃO	Erro! Indicador não definido.
CONCLUSÕES	56
LITERATURA CITADA	56
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	61

1 INTRODUÇÃO GERAL

A Solanacea é composta por um dos maiores grupos dentre as plantas vasculares, contando com cerca de 98 gêneros, e aproximado de 2400 espécies (HUNZIKER, 2007), as quais estão distribuídas em todas as partes do mundo. No Brasil, é representada por 34 gêneros e 449 espécies, sendo 215 destas exclusivas do país (STEHMANN et al., 2010).

O tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) destaca-se por sua importância socioeconômica, sendo uma das hortaliças mais cultivadas no mundo, podendo ser utilizada para o consumo *in natura* ou industrializado. Na safra 2018/2019, no Brasil, incluindo os segmentos de indústria e mesa, totalizaram 4,5 milhões de toneladas, com área plantada de 63 mil ha⁻¹ tornando-se o país o oitavo maior produtor mundial do fruto (IBGE, 2019). Entre os estados produtores, destacam-se São Paulo, Goiás e Minas Gerais, com área cultivada de 55 mil hectares, correspondendo a 81% da produção nacional (IBGE, 2017).

Devido ao aumento expressivo da demanda de tomate, tornou-se necessário investir em produtos que além de aumentar a produtividade, melhorasse o valor nutricional dos frutos (IGLESIAS *et al.*, 2015). Os consumidores estão cada vez mais exigentes a características relacionadas à aparência, textura, aroma, teores de sólidos solúveis, doçura, pH e acidez titulável (DING *et al.*, 2016). Entretanto, essas características são afetadas diretamente por fatores adversos, bióticos e abióticos.

A condição hídrica é o fator ambiental com maior influência na produtividade e qualidade de frutos das Solanaceae (NASCIMENTO, 2014). A necessidade hídrica das culturas e a resposta à irrigação variam com o tipo de solo, estágio de crescimento e condições climáticas da região. O tomateiro é uma das hortaliças mais exigentes em água, preferindo solos relativamente úmidos durante todo o período de crescimento, principalmente, no florescimento e início da frutificação (SANTANA et al., 2009).

O estresse hídrico pode ocorrer tanto pela falta quanto pelo excesso de água fornecida. A falta de água conduz ao fechamento de estômatos, limitação de trocas gasosas, redução da turgescência e do potencial hídrico total, causando a murcha da planta (OLIVEIRA; ALENCAR; GOMÉS-FILHO, 2013). Em contrapartida, o excesso de água pode induzir a uma menor eficiência de seu uso, predispondo também as plantas à maior incidência de doenças (ZHENG et al., 2013). Tudo isso redundando em menor produtividade e qualidade final dos frutos produzidos. Por isso, é importante criar condições ideais de aproveitamento da água, para que a planta expresse seu máximo potencial produtivo, evitando desperdícios, otimizando seu uso,

com redução de efeitos estressores que possam influenciar em menor crescimento ou desenvolvimento.

As plantas quando em condições de estresses, alteram o seu metabolismo ocorrendo o aumento da produção de espécies reativas de oxigênio (EROs). Assim, desencadeando mecanismos de defesa no processo de detoxificação através de um conjunto de enzimas antioxidantes, onde se destacam a superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT) e a peroxidase (POD) (APEL; HIRT, 2004). Os radicais livres inativam enzimas e danificam componentes celulares importantes, por isso, os mecanismos de defesa são importantes na limitação da ação do estresse oxidativo e na destruição das EROs, os quais dependem da duração do estresse e da capacidade de a planta sobreviver a estes estresses. A planta pode reagir com o aumento da expressão de genes de enzimas com funções antioxidantes (MUNNÉ-BOSCH, 2013).

Na tentativa de reduzir os impactos à morfologia, fisiologia e qualidade de frutos de tomateiro, causados pelo estresse hídrico, têm sido citados o uso de produtos formulados que se propõe a estimular as plantas à autodefesa. Entre esses, destaca-se o uso de bioestimulantes, obtidos, principalmente, por meio de fermentação biológica de extratos da alga marinha da espécie *Ascophyllum nodosum*. Estes bioprodutos, normalmente são formulados pela mistura de macro e micronutrientes com hormônios vegetais e/ou ácidos orgânicos oriundos destes extratos das algas fermentados em biorreatores. Os quais podem regular ou modificar processos fisiológicos das plantas, estimulando o crescimento vegetal e mitigar os efeitos dos estresses abióticos, consequentemente aumentando sua produtividade (YAKHIN et al., 2017).

Os bioestimulantes, podem ser aplicados em sementes, plantas ou diretamente no solo sobre o sulco de semeadura ou de plantio, favorecendo a sinalização nas plantas para a produção de substâncias elicitoras ou osmoprotetoras, produzindo alterações no metabolismo celular, bem como favorecendo a estruturação da parede celular e da cutícula em folhas e caules. Desta maneira, espera-se que estas plantas, submetidas ao tratamento com estes bioestimulantes, possam suportar os efeitos dos estresses abióticos, principalmente salinos e hídricos, mantendo níveis aceitáveis de produtividade e qualidade final dos frutos e das sementes produzidas (BULGARI et al., 2015).

Dada à dinâmica da necessidade diária de água das plantas de tomateiro e aos inúmeros fatores que os afetam, ainda existe certa carência em pesquisas que evidenciem a utilização destes compostos à base de fermentados de extratos de algas, comprovando sua eficácia na mitigação ou diminuição dos efeitos negativos do estresse hídrico às plantas. Portanto, espera-se que os resultados desta pesquisa, possam elucidar a influência dos bioestimulantes Seed⁺ e

Crop⁺, na mitigação da produção de compostos reativos de oxigênio (EROS), nos efeitos danosos sobre fotossíntese, teor de clorofila e peroxidação de lipídeos em função da falta de água para as plantas. Também para elucidar o efeito do déficit hídrico em fases importantes do desenvolvimento do tomateiro e a eficiência dos compostos bioestimulantes em manter elevada produtividade e qualidade de frutos nestas condições.

A presente dissertação foi elaborada na forma de capítulos temáticos, a fim de valorizar os resultados apresentados e facilitar o entendimento do leitor. Após a introdução geral e definição dos objetivos do trabalho, o capítulo I refere-se ao uso de bioestimulantes Seed⁺ e Crop⁺ na qualidade de frutos de tomateiro quando submetidos ao estresse hídrico. O capítulo II aborda o comportamento fisiológico das plantas sob déficit hídrico com a aplicação de bioestimulantes. Para finalizar, é apresentada as considerações finais da pesquisa com recomendações e sugestões para trabalhos subsequentes.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o efeito dos bioestimulantes Seed⁺ e Crop⁺ na mitigação de danos morfológicos e fisiológicos produzidos por estresse hídrico em tomate (*Solanum lycopersicum* L.), avaliando a produtividade e a qualidade de frutos.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar os efeitos do bioestimulante Seed⁺ aplicado no sistema *floating*, no desenvolvimento de mudas de tomate, avaliando alterações na morfologia externa quando submetidos ao estresse hídrico;
- Determinar os efeitos do bioestimulantes Crop⁺ no desempenho morfolófico-fisiológicas, tais como parâmetros fotossintéticos, peroxidação de lipídeos, enzimas e produtividade de frutos produzidos em estresse hídrico;
- Determinar a influência do estresse hídrico e o efeito do uso dos bioestimulantes Seed⁺ e Crop⁺ nas características físico-químicas dos frutos de tomate, avaliando-se: firmeza de fruto, umidade, pH, sólidos solúveis totais, acidez titulável, relação sólidos solúveis totais / acidez titulável e açúcares redutores totais.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 CARACTERÍSTICAS MORFOFISIOLÓGICAS DE *Solanum lycopersicon* L.

O tomateiro é uma dicotiledônea, da ordem Tubiflorae, Solanaceae e gênero *Solanum*. Essa família compreende cerca de 90 gêneros e 1.700 espécies (WEESE; BOHS, 2007). O tomateiro é uma espécie autógama, herbácea, perene, cultivada anualmente, podendo-se desenvolver de forma ereta, semiereta ou rasteira, sendo limitado nas variedades pelo hábito de crescimento, determinado ou indeterminado (ALVARENGA, 2013).

É uma espécie cosmopolita de origem sul-americana. Nativa dos Andes, sendo originária na parte ocidental da América do Sul, abrangendo Colômbia, Equador, Peru, Chile e

Bolívia (SANTIN, 2012). Registros apontam que já era cultivado pelos incas e astecas há cerca de 1300 anos. No Brasil, a planta foi introduzida por imigrantes europeus, no final do século XIX, tendo uma ampla difusão e incremento no consumo por volta de 1930 (ALVARENGA, 2004). É uma das hortaliças mais importantes e cultivada do mundo, abrangendo todas as regiões tropicais e subtropicais (AMOOAGHAIE; NIKZAD, 2013).

O sistema radicular é amplo, constituído por uma raiz principal, além de um grande número de raízes secundárias e adventícias. O caule é herbáceo, suculento e recoberto de pelos, de odor característico (ARGERICH; TROILO, 2011). Apresenta flores de coloração amarela, hermafroditas e autógamas, agrupadas em cachos (NASCIMENTO *et al.*, 2012). O fruto é do tipo baga carnosa e suculenta, bi, tri ou plurilocular. Variando quanto a coloração, formato, textura, tamanho, sabor e aroma conforme o material genético, nutrição e condições ambientais e de cultivo (ALVARENGA, 2013). Os frutos são ricos em minerais, vitaminas, aminoácidos essenciais e açúcares (NAIKA *et al.*, 2006). Possuem sementes pequenas, com pelos e com coloração marrom-clara (NASCIMENTO *et al.*, 2012).

A espécie possui capacidade de carboxilação da Rubisco, a qual é facilmente aumentada sob concentração de CO₂ elevada (HUANG; XU, 2015; XU *et al.*, 2015). A cultura tem preferência por climas secos, com muita luminosidade e dias quentes, com temperaturas médias diurnas de 20 a 25°C e noturnas de 10 a 20°C. De maneira geral, a cultura suporta ampla variação de temperatura, de 10°C a 34°C (ALVARENGA, 2013). Esta Solanaceae exige alta demanda por água, à qual varia de 350 mm a 750 mm por ciclo, dependendo das condições climáticas, do sistema de irrigação e da cultivar (MAROUELLI *et al.*, 2011).

3.2 EFEITOS DO ESTRESSE HÍDRICO EM TOMATEIRO

As plantas passam por vários estresses durante o seu ciclo, dentre eles salinização do solo (RASOOL *et al.*, 2013), deficit hídrico (BODNER *et al.*, 2015), poluição por metais (ETESAMI *et al.*, 2017), desbalanço nutricional (PAUL *et al.*, 2014), danos por insetos (COMPANT *et al.*, 2005), temperatura do solo (ROSA *et al.*, 2017) e competição com plantas daninhas (SANCHOTENE *et al.*, 2010). Estes estresses bióticos e abióticos geram perdas de produtividade em torno de 70% (ACQUAAH, 2007).

Durante a evolução, as plantas passaram por constante aclimação aos inúmeros estresses, desenvolvendo mecanismos de defesa em níveis morfológicos e fisiológicos (FAROOQ *et al.*, 2009). Adequado fornecimento de água é primordial para a manutenção dos

seres vivos, sendo nas plantas, essencial para o transporte e distribuição de nutrientes e metabólitos. Além disso, nos vacúolos exerce pressão sobre o protoplasma e a parede celular, mantendo a turgescência em folhas, raízes e caule (SANCHEZ-DIAZ; AGUIRREOLEA, 1993).

Os períodos de demanda máxima de água ocorrem na fase inicial, correspondendo a germinação e no período reprodutivo, do início da floração até o início da maturação dos frutos (EMBRAPA, 2003). De acordo com Taiz e Zeiger (2009), as plantas de tomateiro submetidas a condições de menor disponibilidade hídrica nas fases de floração e frutificação, têm praticamente todos os aspectos do crescimento e desenvolvimento afetados, o que pode modificar sua anatomia e morfologia, além de interferir nas reações metabólicas. No desenvolvimento inicial, a restrição hídrica pode ser prejudicial, tanto à germinação quanto ao crescimento de plântulas, as quais são sensíveis ao déficit hídrico. Assim, pode ocorrer redução da porcentagem de germinação, desuniformidade do estande, limitando o crescimento e reduzindo a produtividade (DEMIR *et al.*, 2006). Entretanto, o estresse hídrico não ocorre somente pela escassez de água, mas também pelo excesso, pois em algumas situações a irrigação é utilizada de forma equivocada (MAROUELLI *et al.*, 2012).

O estresse por déficit hídrico, na fase vegetativa provoca redução da área foliar, menor crescimento da parte aérea, maior crescimento do sistema radicular, abscisão floral, redução das taxas fotossintéticas e da síntese de clorofila e sacarose. Já na fase reprodutiva, é limitante na produtividade, pois provoca redução no conteúdo de água, na turgência e no potencial hídrico total nas células induzindo ao murchamento da planta, fechamento estomático, alteração na permeabilidade da cutícula, enrolamento das folhas e aumento nos níveis celulares de espécies reativas de oxigênio (EROs) (OLIVEIRA; ALENCAR; GOMÉS-FILHO, 2013) se não ocorrerem medidas mitigadoras.

As EROs são importantes sinalizadores para as plantas, pois diante de qualquer alteração em alguma rota metabólica ocorre a formação das mesmas, levando o reparo e/ou controle desses radicais. As plantas apresentam sistemas naturais de defesa antioxidantes enzimáticas, que aumentam a capacidade de tolerância, reduzindo os efeitos causados pelas EROs. As enzimas envolvidas são: superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT), peroxidases (POD) como glutathiona peroxidase (GPX), ascorbato peroxidase (APX), glutathiona redutase (GR) e glutathiona S-transferase (GSTs) (BLOKHINA *et al.*, 2003; SCANDALIOS, 2005; BARBOSA *et al.*, 2014).

A SOD é encontrada em todos os organismos aeróbicos, sendo um eficiente antioxidante, pois atua na primeira linha de defesa contra as EROs, dismutando o superóxido ($^{\circ}\text{O}_2^-$) à peróxido de hidrogênio (H_2O_2). As PODs, estão localizadas, principalmente na parede celular e no vacúolo das plantas, sendo induzidas por estresses ambientais. Apresentam papel na biossíntese da parede celular, ajudando na defesa ao ataque de patógenos, aumentando as barreiras mecânicas, tornando a penetração do patógeno mais lenta, além de serem capazes de catalisar a transferência do hidrogênio de um doador para o H_2O_2 (CAMPA, 1991). É, também, responsável pela degradação do peróxido de hidrogênio produzido durante o estresse oxidativo e pelas reações da SOD (BOR et al., 2003).

3.3 USO DE BIOESTIMULANTES E A PROTEÇÃO AO ESTRESSE HÍDRICO

Devido à frequente ocorrência de estresse hídrico durante o cultivo de tomate, novas tecnologias baseadas no uso de bioprodutos com a finalidade de minimizar essas perdas, tem sido desencadeadas. Dentre estes bioprodutos, destacam-se os chamados bioestimulantes, os quais podem estimular sinalizando nas plantas a produção de aminoácidos e proteínas que ativam processos bioquímicos e fisiológicos favorecendo o crescimento da planta em todos seus estágios de desenvolvimento (WEBER, 2011).

Os bioestimulantes de plantas compreendem uma classificação diversa de substâncias que podem ser aplicados tanto em tratamento de sementes quanto ao longo do desenvolvimento da cultura, por via solo ou foliar, a fim de melhorar a eficiência nutricional, as características de qualidade da cultura e proteger de estresses bióticos ou abióticos (VAN OOSTEN et al., 2017). Segundo BULGARI et al. (2015), os benefícios gerados pelo uso de bioestimulantes são decorrentes do aumento na eficiência do uso de nutrientes minerais, os quais alteram diversos processos fisiológicos que colaboram para estimular o desenvolvimento de plantas e reduzir o efeito dos estresses biótico e abiótico às culturas.

Atualmente, pesquisas comprovaram que o uso de bioestimulantes melhora o estabelecimento inicial das plantas, aumentando a resistência a estresses por seca, temperatura, salinidade, doenças e insetos, promove maior desenvolvimento de raízes, maior intensidade da coloração verde pelo maior teor de clorofila (RODRIGUES et al., 2015). Plantas de soja submetidas à aplicação de bioestimulantes, segundo Toorchi *et al.*, (2009), apresentaram maior desenvolvimento e massa seca de raízes, e estas foram mais resistentes aos efeitos do estresse

osmótico por salinidade em função da maior concentração de compostos osmoprotetores em plantas tratadas.

Existem diferentes produtos sendo comercializados no Brasil. Os bioestimulantes Seed⁺ e Crop⁺ são constituídos pela mistura formulada de macronutrientes e micronutrientes e fermentados de extratos de algas marinhas (WOZNIAK et al., 2007). Segundo a bula do produto comercial, o bioestimulante Seed⁺ apresenta a seguinte formulação: magnésio 1% (12,3 g.L⁻¹), enxofre 2,9% (35,7 g.L⁻¹), ferro 1,8% (22,1 g.L⁻¹), zinco 2,0% (24,6 g.L⁻¹), matérias primas: sulfato de magnésio, nitrato de magnésio, nitrato de cobalto, sulfato de cobre, sulfato ferroso, sulfato de manganês, molibdato de amônio e sulfato de zinco além de 20% de extrato fermentado da alga *Ascophyllum nodosum* L.

Já o produto comercial Crop⁺ é um bioestimulante vegetal composto por 10% extrato de algas marinhas (*Ascophyllum nodosum*) e micro e macronutrientes como: carbono orgânico 6% (78 g.L⁻¹), nitrogênio 1% (13 g.L⁻¹), enxofre 3,1% (40,3 g.L⁻¹), boro 0,09% (1,17 g.L⁻¹), cobalto 0,06% (0,78 g.L⁻¹), cobre 1% (13,0 g.L⁻¹), ferro 1,3% (16,9 g.L⁻¹), manganês 1,1% (14,3 g.L⁻¹), molibdênio 0,04% (0,52 g.L⁻¹) e zinco 2,3% (29,9 g.L⁻¹). Matérias primas: ácido bórico, nitrato de cobalto, sulfato de cobre, sulfato ferroso, sulfato de manganês, molibdato de amônio, sulfato de zinco, aminoácidos glicina-betaína, prolina e água (não informados). Aditivos: ácidos carboxílicos quelatizantes naturais (Sytozyme).

Reconhecidas como excelentes adubos e bioestimulantes naturais, *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis, é a alga mais utilizada para a produção de bioestimulantes, popularmente chamada de alga parda ou marrom. Apresentam em sua constituição matéria orgânica, aminoácidos (alanina, ácido aspártico e glutâmico, glicina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, prolina, tirosina, triptofano e valina), carboidratos, nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S, B, Fe, Mn, Cu e Zn) e hormônios de crescimento (auxinas, giberelinas, citocinina e ácido abscísico) (ACADIAN, 2009).

Apresenta altas taxas de glicina-betaína (GB) e prolina, podendo assim sobreviver em oceanos com alto teor salino em solução. Com o uso de fermentados de extratos da alga em bioestimulantes, pretende-se fornecer estes compostos osmoprotetores para as plantas. A glicina-betaína acumula-se principalmente no citoplasma, onde têm função de manter a turgescência celular, estabilizando proteínas e estruturas celulares nas condições sub-ótimas dos fatores ambientais (BRAY et al., 2001). Já a prolina, têm como principal função, proteger as células vegetais do estresse hídrico pelo mecanismo de ajustamento osmótico (CHA-UM et al., 2006), atuando como um osmoprotetor (BRAY et al., 2001; BAYUELO-JIMÉNEZ et al.,

2002). Whapham *et al.* (1993) citam que a glicina-betaína tem efeitos sobre os teores de clorofila foliar, ao desacelerar a degradação da clorofila ao invés de aumentar seu conteúdo, sendo uma ferramenta importante na tolerância de genótipos ao estresse hídrico.

Os extratos de algas têm promovido efeitos hormonais nas plantas, gerando um aumento no crescimento radicular, incremento no teor e clorofila e redução da senescência (JANNIN *et al.*, 2013; RAYORATH *et al.*, 2009; NAIR *et al.*, 2012; BLUNDEN; JENKINS; LIU, 1996). Estudos realizados por Whapham *et al.* (1993) relataram que a aplicação do extrato da alga *A. nodosum* no solo ou nas folhas de plantas de tomate, estimularam a formação de novas folhas que, após 34 dias, eram visualmente mais verdes por apresentarem maior teor de clorofila do que as de plantas não tratadas com o extrato. Desta forma verificaram maior taxa de fotossíntese nas plantas tratadas com o extrato.

4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACADIAN AGRITECH. (2009) - Ciência das Plantas (Site Institucional). [cit. 2013-03-15]. <<http://www.acadianagritech.ca/portuguese/PSansA.htm>>.

ACQUAAH, G. Principles of Plants Genetics and Breeding. **Blackwell**. 2007.

ALVARENGA, M. A. R. Origem, botânica e descrição da planta. In: ALVARENGA, M. A. R. **Tomate: produção em campo, casa de vegetação e hidroponia**. 2. ed. Lavras: Editora universitária de Lavras, cap. 1. p. 13-21, 2013.

ALVARENGA, M.A.R. **Tomate: produção em campo, em casa-de-vegetação e em hidroponia**. Editor: Marco Antônio Rezende Alvarenga. – Lavras: Editora UFLA, 2004. p. 27 – 30.

AMOOAGHAIE, R.; NIKZAD, K. The role of nitric oxide in priming-induced lowtemperature tolerance in two genotypes of tomato. **Seed Science Research**, v. 23, p. 123-131, 2013.

APEL, K.; HIRT, H. Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress and signal transduction. **Annual Review of Plant Biology**, Palo Alto, v. 55, n. 2, p.373–99, 2004.

ARGERICH, C.; TROILO, L. **Manual de buenas prácticas Agrícolas en la cadena de tomate: Aspectos fisiologicos del cultivo de tomate**, Buenos Aires – ARG, 2011, 262p.

BARBOSA, M.R. et al. Geração e desintoxicação enzimática de espécies reativas de oxigênio em plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.44, n.3, p.453-460, 2014.

BAYUELO-JIMÉNEZ; J. S.; DEBOUCK, D. G.; LYNCH, J. P. Salinity tolerance in Phaseolus species during early vegetative growth. **Crop Science**, Madison, v. 42, p. 2184-2192, 2002.

BLOKHINA, O.; VIROLAINEN, E.; FAGERSTEDT, K. V. Antioxidants, Oxidative Damage and Oxygen Deprivation Stress: a Review. **Annals of Botany**, v. 91, n. 2, p. 179- 194, 2003.

BLUNDEN, G; JENKINS, T; LIU, Y. Enhanced leaf chlorophyll levels in plants treated with seaweed extract. **Journal of Applied Phycology**. v. 8, p. 535-543, 1996.

BODNER, G; NAKHFOROOSH, A; KAUL, H.P. management of crop water underdrought: a review. **Agronomy Sustainability**. v. 35, p.401-442, 2015.

BOR, M.; ÖZDEMİR, F.; TÜRKAN, I. The effect of salt stress on lipid peroxidation and antioxidants in leaves of sugar beet *Beta vulgaris* L. and wild beet *Beta maritima* L. **Plant Science**, Limerick, v.164, p.77-84, 2003.

BRAY, E. A.; BAILEY-SERRES, J.; WERETILNYK, E. Responses to abiotic stress. In: Buchanan, B.; Gruissem, W.; Jones, R. (eds). *Biochemistry & Molecular Biology of Plants*. 3a Impressão. 2001. **American Society of Plant Physiologists**, Rockville, Cap.22, p. 1167-1168.

BULGARI, R. et al. Biostimulants and crop responses: a review. **Biological Agriculture & Horticulture**, 31: 1-17, 2015.

CAMPA, A. Biological roles of plant peroxidases: known and potential function. **Peroxidases in chemistry and biology**, v. 2, p. 25-50, 1991.

CHA-UM, S.; SUPAIBULWATANA, K.; KIRDMANEE, C. Water relation, photosynthetic ability and growth of thai jasmine rice (*Oryza sativa* L. ssp. indica cv. KDML 105) to salt stress by application of exogenous glycinebetaine and choline. **Journal Agronomy & Crop Science**, Berlin, v. 192, p. 25-36, 2006.

COMPANT, S; DUFFY, B; NOWAK, J; CLEMENT, C; BORKA, E.A. use of plantgrowth-promoting bacteria for biocontrol of plant diseases: principles, mechanisms of action and future prospects. *Appl. Environmental Microbiology*. V. 71, p.4951-4959. 2005.

DEMIR, A. O.; GOKSOY, A. T.; BUYUKCANGAZ, H.; TURAN, Z. M.; KOKSAL, E. S. Deficit irrigation of sunflower (*Helianthus annuus* L.) in a sub-humid climate. **Irrigation Science**, v. 24, p. 279–289, 2006.

DING, X.; GUO, Y.; NI, T.; KOKOT, S. A novel NIR spectroscopic method for rapid analyses of lycopene, total acid, sugar, phenols and antioxidant activity in dehydrated tomato samples. **Vibrational Spectroscopy**, v. 82, p. 1-9, 2016.

EMBRAPA. **Tomate industrial-Sistema de Produção**. Versão eletrônica. Jan, 2003. <<https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Tomate/TomateIndustrial/mudas.htm>>. Acesso em 10/01/2018.

ETESAMI, H.; JEONG, B.R; Silicon (Si): review and future prospect on reaction mechanisms in alleviating biotic and abiotic stresses in plants. **Ecotoxicology and Environmental Safety**. v. 147, p. 881-896, 2017.

FAROOQ, M.; WAHID, A.; KOBAYASHI, N.; FUJITA, D. Y BASRA, S. M. A. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. **Agronomy for Sustainable Development**, v.29, n.1, p.185-212, 2009.

HUANG, B. AND XU, Y. (2015). Cellular and Molecular Mechanisms for Elevated CO₂ Regulation of Plant Growth and Stress Adaptation. *Crop. Sci.* 55: 1–20.

HUNZIKER, A. T. Solanaceae: a synoptic survey. In: HAWKES, J. G.; LESTER, R.N.; SKELDING, A. D. (Eds.). **The Biology Taxonomy of the Solanaceae**. Linnean Society Symposium Série, South American, v.7, p. 49- 86, 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2013-agencia-de-noticias/releases/19474-ibge-preve-safra-de-graos-6-8-menor-em-2018.html>>. Acesso em: 15 abr. 2018.

IGLESIAS, M. J.; GARCÍA-LÓPEZ, J.; COLLADOS-LUJÁN, J. F.; LÓPEZ-ORTIZ, F.; DÍAZ, M.; TORESANO, F.; CAMACHO, F. Differential response to environmental and nutritional factors of high-quality tomato varieties. **Food Chemistry**, v. 176, p. 278-287, 2015.

JANNIN, L; ARKOUN, M; ETIENNE, P; LAINE, P; GOUX, D; GARNICA, M; FUENTES, M. Brassica napus growth promoted by Ascophyllum nodosum (L.) Le Jol. seaweed extract: microarray analysis and physiological characterization of N, C and S metabolisms. **Journal Plant Growth Regulation**. v. 32, p. 31-52, 2013.

MAROUELLI, W.A.; CARRIJO, O.A.; SOUZA, R.B.; SILVA, W.L.C. Irrigação e fertirrigação na cultura do tomate. In: SOUZA, V. F.; MAROUELLI, W. A.; COELHO, E.F.; PINTO, J. M.; COELHO FILHO, M. A. **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças**. 1. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. cap. 26, p. 740-769.

MAROUELLI, W. A.; SILVA, H. R.; SILVA, W. L. C. 2012. Irrigação do Tomateiro para Processamento. Circular Técnica 102. **Embrapa Hortaliças**. Brasília- DF.

Munné-Bosch, S., Queval, G; Foyer, C.H., 2013. The Impact of Global Change Factors on Redox Signaling Underpinning Stress Tolerance. **Plant Physiology**, 161, 5-19.

NAIKA, S.; JEUDE, J.L.; GOFFAU, M.; HILMI, M.; DAM, B. **Cultura do tomate: produção, processamento e comercialização**. Wageningen: Fundação Agromisa e CTA. 2006. 104p.

NASCIMENTO, W. M.; MELO, P. C. T de.; FREITAS, R. A de. Produção de sementes. In: CLEMENTE, F. M. V. T., BOITEUX, L. S. (Ed.). **Produção de tomate para processamento industrial**. Brasília: Embrapa, 2012. cap. 3, p. 53-75.

NASCIMENTO, W. M. **Produção de sementes de hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa, v. 2, p. 342, 2014.

NAIR, P; KANDASAMY, S; ZHANG, J; JI, X; KIRBY, C; BENKEL, B; HODGES, M. D; CRITCHLEY, A.T; HILTZ, D; PRITHIVIRAJ, B. Transcriptional and metabolomic analysis of Ascophyllum nodosum mediated freezing tolerance in Arabidopsis thaliana. **BMC Genomics**. v. 13, p. 643, 2012.

OLIVEIRA, A.B.; ALENCAR, N.L.M.; GOMÉS-FILHO, E. Comparison between the water and salt stress effects on plant growth and development. In: AKINCI, S. (Ed.) **Responses of organisms to water stress**. INTECH, p. 67-94, 2013.

PAUL, D; LADE. H; plant-growth promoting hizobacteriato improve crop growth in saline soils: a review. **Agronomy Susteinability**. V.34, p.737-752. 2014.

RAYORATH, P; BENKEL, B; HODGES, D. M; ALLAN-WOJTAS, P; MACKINNON, S; CRITCHLEY, A. T; PRITHIVIRAJ, B. Lipophilic components of the brown seaweed, *Ascophyllum nodosum*, enhance freezing tolerance in *Arabidopsis thaliana*. **Planta**. v. 230, p. 135-147, 2009.

RASOOL, S; HAMEED, A; AZOOZ, M; AHMAD, P; salt stress: causes, types and responses of plants. **Ecophysiology and responses in plants under salt stress**. Springer. p. 1-24, 2013.

RODRIGUES, D. P.; MORAES, C. B.; MORI, E. S. **Efeito de bioestimulante em clone de *Eucalyptus grandis***. Relatório Parcial de Iniciação Científica do CNPQ/PIBITI, 2012.

SÁNCHEZ-DÍAZ, M., AGUIRREOLEA, J. Relaciones hídricas. En: fisiología y Bioquímica Vegetal. (Azcon-Bieto, J., Talon, M., Coord.), **Interamericana. McGraw Hill**. 49-90 pp. 1993.

SANCHOTENE, D. M; KRUSE, N. D.; AVILA, L. A.; MACHADO, S. L. O; NICOLODI, G. A.; DORNELLES, S. H. B. D Efeito do protetor dietholate na seletividade de clomazone em cultivares de arroz irrigado. **Planta Daninha**. v. 28, n. 2, p. 339-346. Viçosa, 2010.

SANTANA, M. J.; VIEIRA, T. A.; BARRETO, A. C. Efeito dos níveis de reposição de água no solo na produtividade do tomateiro. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n. 2, suplemento, p. 1378-S1384, 2009.

SANTIN, M. R. **Uso de fertilizantes organominerais e indutores de resistência no desempenho agrônômico do tomateiro estaqueado**. 2012. 114f. Tese Universidade de Brasília, Distrito Federal, 2012.

SCANDALIOS, J. G. Oxidative stress: molecular perception and transduction of signals triggering antioxidant gene defenses. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 38, n. 7, p. 995-1014, 2005.

STEHMANN, R.J.; MENTZ, L.A. Riqueza e endemismo de Solanaceae na região Sul do Brasil. In: **Congresso Nacional de Botânica**, 57, 2010, Poro Alegre.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4º ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819p.

TOORCHI, M. *et al.* Proteomics approach for identifying osmotic-stress-related proteins in soybeans roots. **Peptides**, v. 30, n. 12, p. 2108-2117, 2009.

VAN OOSTEN, M. J. et al. The role of biostimulants and bioeffectors as alleviators of abiotic stress in crop plants. **Chemical and Biological Technologies in Agriculture**, 4: 5, 2017.

XU, Z., JIANG, Y., AND ZHOU, G. Response and adaptation of photosynthesis, respiration, and antioxidant systems to elevated CO₂ with environmental stress in plants. **Front. Plant Sci.** 6: 701., 2015.

YAKHIN, O.I.; LUBYANOV, A.A.; YAKHIN, I.A.; BROWN, P.H. Biostimulants in plant science: a global perspective. **Frontiers in Plant Science**, v.7, n.2049, p.1-32, 2017.

WHAPHAM, C. A., BLUNDEN, G., JENKINS, T., HANKINS, S. D. (1993) Significance of betaines in the increased chlorophyll content of plants treated with seaweed extract. **J. appl. Phycol.** 5: 231-234.

WEBER, F. **Uso de bioestimulantes no tratamento de semente de soja**. 2010. 28 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2010.

WOZNIAK, E. M., MARTINEAU J. R., 2007. Cytozyme's Products for Sustainable Agriculture and their Advantages over Other Products on the Market. **Plant Nutrition For Sustainable Agriculture**, 10 (1), p. 1-6.

ZHENG, J., HUANG, G., JIA, D., WANG, J., MOTA, M., PEREIRA, L. S., LIU, H. Responses of drip irrigated tomato (*Solanum lycopersicum* L.) Yield, quality and water productivity to various soil matric potential thresholds in an arid region of Northwest China. **Agricultural Water Management**, 129, p. 181–193, 2013.

WEESE, T. L. & BOHS, L. A three-gene phylogeny of the genus *Solanum* (Solanaceae). **Systematic Botany**, Laramie, n. 32, p. 445-463, 2007.

5 CAPÍTULO I

USO DE BIOESTIMULANTES SEED⁺ E CROP⁺ NA QUALIDADE DE FRUTOS DE TOMATEIRO SOB ESTRESSE HÍDRICO

1 **Artigo I**

2
3 **(Submetido na Revista Caatinga)**

4
5
6 **USO DE BIOESTIMULANTES SEED⁺ E CROP⁺ NA QUALIDADE DE FRUTOS DE**
7 **TOMATEIRO SOB ESTRESSE HÍDRICO**

8
9 Mariane Peripolli; Antônio Carlos Ferreira da Silva; Sylvio Henrique Bidel Dornelles; Danie
10 Martini Sanhotene; Vinícius Severo Trivisiol

11
12 **RESUMO**

13 O rápido crescimento populacional tem desencadeado o aumento na demanda de
14 produção de alimentos. Entretanto, estresses bióticos e abióticos têm dificultado o aumento
15 da produtividade de alimentos. Esta circunstância tem gerado um novo interesse na aplicação
16 de produtos alternativos, como os bioestimulantes. O objetivo deste trabalho foi avaliar os
17 efeitos do bioestimulantes Seed⁺ e Crop⁺ na qualidade de frutos de tomateiro, cultivar Santa
18 Cruz Kada, induzidas ao estresse hídrico. O experimento foi conduzido em casa de vegetação.
19 Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema trifatorial
20 2x2x6, sendo os fatores: época de aplicação dos bioestimulantes (florescimento e frutificação),
21 condições hídricas do solo (50% e 100% da capacidade de retenção de água no solo) e
22 bioestimulantes (sem tratamento; Seed⁺; Seed⁺ + Crop⁺ 1x; Seed⁺ + Crop⁺ 2x; Crop⁺ 1x; + Crop⁺
23 2x). Variáveis relacionadas à qualidade de fruto foi realizada avaliando o tempo de prateleira
24 dos frutos. As plantas oriundas de um ambiente sob déficit hídrico com o uso de bioestimulantes
25 frente às plantas sem bioestimulantes, demonstraram características químicas, quanto aos
26 valores de pH, sólidos solúveis totais e acidez titulável, superiores mesmo em condições de
27 estresse hídrico. Os bioestimulantes a base de extratos de *Ascophyllum nodosum* podem
28 constituir uma alternativa aos estimulantes sintéticos de plantas, servindo de apoio aos
29 fertilizantes tradicionais.

30
31 **PALAVRAS-CHAVE:** *Solanum lycopersicum* L. Tempo de prateleira. Condição hídrica.

32
33 **USE OF SEED⁺ AND CROP⁺ BIOESTIMULANTS IN THE QUALITY OF TOMATO**
34 **FRUIT UNDER WATER STRESS**

35

36 **ABSTRACT**

37 Rapid population growth has triggered an increase in demand for food production. However,
38 accelerated biotic and abiotic stresses have hindered increased food productivity. This
39 circumstance has generated a new interest in the application of alternative products, such as
40 biostimulants. The objective of this work was to evaluate the effects of the biostimulants Seed
41 + and Crop + on the quality of tomato fruits, cultivar Santa Cruz Kada, induced to the water
42 stress. The experiment was conducted under greenhouse conditions. The experimental design
43 was completely randomized in a 2x2x6 trifractory scheme, with the following factors:
44 application time (flowering and fruiting), soil water conditions (50% and 100% soil water
45 retention capacity) and biostimulants (without treatment, Seed⁺; Seed⁺ + Crop⁺ 1x; Seed⁺ +
46 Crop⁺ 2x; Crop⁺ 1x; + Crop⁺ 2x). Variables related to fruit quality were evaluated by evaluating
47 the shelf life of the fruits. Plants from a water deficient environment with the use of
48 biostimulants in relation to the plants without biostimulants, demonstrated chemical
49 characteristics, in terms of pH values, total soluble solids and titratable acidity, even under
50 water stress conditions. Biostimulants based on extracts of *Ascophyllum nodosum* can be an
51 alternative to synthetic plant stimulants, serving as a support for traditional fertilizers.

52

53 **KEYWORDS:** *Solanum lycopersicum* L. Shelf time. Water condition.

54

55 **INTRODUÇÃO**

56

57 O tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) destaca-se como uma importante atividade
58 econômica e social, sendo a segunda hortaliças mais produzida no mundo (NASIR et al., 2015;
59 STAJCIC´ et al. 2015). É um dos produtos hortícolas mais consumidos, tanto na forma *in natura*
60 (tomate de mesa) quanto processado (tomate industrial) (BRITO JUNIOR, 2012). Em 2018, o
61 Brasil totalizou uma produção 4,5 milhões de toneladas de tomate, tendo um aumento de 1,9%,
62 em relação ao ano anterior, ocupando uma área superior à 63 mil hectares, tornando-se o oitavo
63 maior produtor mundial do fruto (IBGE, 2019).

64 O cultivo de tomate é considerado uma atividade de alto risco, devido ser influenciada
65 diretamente por fatores endógenos e exógenos. A condição hídrica do solo é o fator ambiental
66 com maior influência na produtividade e qualidade de frutos das Solanaceae, pois afeta a
67 disponibilidade de água no solo, influenciando os fatores morfológicos e fisiológicos da planta

68 (NASCIMENTO, 2014). Atualmente, os efeitos gerados pelo estresse hídrico, estão tornando-
69 se um desafios à agricultura em manter os índices de produtividade sem afetar a qualidade dos
70 frutos (ALBACETE *et al.* , 2014 , GOLLDACK *et al.* , 2014).

71 Na tentativa de mitigar os danos causados pelo estresse hídrico, surgiram os
72 bioestimulantes, produtos à base substâncias naturais ou sintéticas e algas marinhas,
73 principalmente a *Ascophyllum nodosum* (L.). Utilizado em aplicações via solo ou parte aérea,
74 visam proporcionar melhoria do crescimento da cultura, maior produtividade, qualidade e
75 tolerância a estresses bióticos e abióticos, mesmo quando aplicados em baixas concentrações
76 (DU JARDIN, 2015; VAN OOSTEN *et al.*, 2017). Além de influenciar em processos
77 metabólicos, como a respiração, fotossíntese, síntese de ácidos nucleicos e absorção de íons
78 (ABBAS, 2013).

79 O tomate é um fruto climatérico, apresentando altas atividades metabólicas no período
80 pós-colheita, ocasionando transformações fisiológicas e bioquímicas ao fruto, causando
81 elevado índice de perdas pós-colheita (FERREIRA *et al.*, 2012). Por isso, embora aspectos
82 visuais e físico sejam os principais influenciadores ao consumidor no momento da compra,
83 alguns parâmetros de qualidade nutricional dos frutos apresentam relevância como perda de
84 massa, pH, acidez titulável, sólidos solúveis totais, coloração e relação sólidos solúveis
85 totais/acidez titulável (VIETS *et al.*, 2012).

86 Levando em consideração os fatos explanados anteriormente, o presente trabalho buscou
87 elucidar o uso o efeito dos bioestimulantes Seed⁺ e Crop⁺ como alternativa de mitigar os efeitos
88 do estresse hídrico, a fim de incrementar a produtividade e melhorar as características
89 físicoquímicas na cultura do tomate. Para este fim, buscou-se determinar a qualidade de frutos
90 de tomateiro Santa Cruz Kada, em diferentes condições hídricas do solo e distintos momentos
91 de aplicação dos bioestimulantes.

92

93 MATERIAL E MÉTODOS

94

95 O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Estação Experimental no Distrito
96 de Boca do Monte (29°39,059' S e 53°57,413' W) no município de Santa Maria, Rio Grande
97 do Sul, RS, com 50 m x 12 m, durante o período de fevereiro (2018) a julho (2018). Segundo a
98 classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Cfa Subtropical úmido com verões quentes,
99 sem estação seca definida (HELDWEIN *et al.*, 2009). O solo classificado como Argissolo
100 Vermelho Distrófico arênico.

101 Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado na forma de um
102 trifatorial 2x2x6 com cinco repetições, sendo os fatores: A) condições hídricas do solo (50% e
103 100% da capacidade de retenção de água (CRA) do solo); B) épocas de aplicação (início do
104 florescimento e início da frutificação); C) bioestimulantes (sem tratamento; Seed⁺; Seed⁺ +
105 Crop⁺ 1x; Seed⁺ + Crop⁺ 2x; Crop⁺ 1x; Crop⁺ 2x). A determinação da CRA do solo foi realizada
106 por meio da secagem até atingir massa constante (estufa à 70°C). Posteriormente, o solo seco
107 foi acondicionado em vaso com orifícios na base para drenagem do excesso de água. O vaso
108 foi irrigado até ocorrer a saturação do solo, ou seja, 100% da CRA do solo, o qual foi pesado e
109 através da subtração entre a massa do vaso com solo seco para o vaso com solo úmido, obteve-
110 se o valor da quantidade de água para atingir 100% da CRA do solo. Para a determinação das
111 condições hídricas do solo (50% e 100% da CRA) foram utilizadas as seguintes fórmulas
112 adaptadas (SCHWAB, 2011):

$$113 \quad MV50\% = (MVCRA - MVseco) \times 0,5 + MVseco$$

$$114 \quad MV100\% = (MVCRA - MVseco) \times 1,0 + MVseco$$

115 Em que: MVn% é a massa do vaso para cada um dos tratamentos; MVCRA é a massa do
116 vaso na capacidade de retenção de água; MVseco corresponde a massa do vaso preenchido com
117 solo seco.

118 A semeadura foi realizada em bandejas de isopor com 200 células preenchidas com
119 substrato Mecplant[®], as quais foram mantidas em casa de vegetação, com irrigação do tipo
120 *floating*. No *floating*, realizou-se a aplicação na dose de 100 mL.100L⁻¹ de água do
121 bioestimulante Seed⁺ (dose definida por bula) e do tratamento testemunha, somente água. As
122 mudas permaneceram nesse sistema até o momento do transplante. Após 30 dias da semeadura,
123 as mudas foram transplantadas para vasos de polipropileno preto de 9 litros, preenchidos com
124 8,5 kg de solo, peneirado, homogeneizado e com acidez corrigida de acordo com a análise do
125 solo. A adubação das unidades experimentais baseou-se na análise do solo utilizado levando
126 em conta recomendações da ROLAS (Rede Oficial de Laboratório de Análise de Solos) para a
127 cultura do tomateiro. Realizou-se adubação homogênea em todas as unidades experimentais. A
128 irrigação foi realizada diariamente, deixando o solo próximo à capacidade de campo, a fim de
129 garantir um bom estabelecimento e desenvolvimento inicial.

130 O fornecimento das referidas quantidades de água, ocorreu regularmente através do
131 método de pesagem, utilizando uma balança eletrônica marca ACS System com precisão de 5
132 g, sendo adicionado água até atingir a massa total pré-determinada (vaso + solo seco + volume

133 de água para atingir 100% e 50% da CRA do solo). A aplicação do bioestimulante Crop⁺ foi
 134 realizada em dois estágios de desenvolvimento distintos da cultura (Tabela 1), períodos estes
 135 considerados de maior demanda hídrica para a cultura, sendo o primeiro quando os tomateiros
 136 apresentavam nove ou mais flores verdadeiras escala 69 609 da BBCH (MEIER, 2001) e o
 137 segundo no início da frutificação escala 72 702 da BBCH (MEIER, 2001). Após a aplicação do
 138 bioestimulante Crop⁺, induziu-se o estresse hídrico, por um período de 15 dias.

139

140 **Tabela 1.** Descrição dos fatores avaliados no experimento. Santa Maria - RS, 2018.

Bioestimulantes	Momento de aplicação	Condição hídrica do solo
Sem tratamento	Floração	50% CRA
Seed ⁺	Frutificação	100% CRA
Seed ⁺ + Crop ⁺ 1x		
Seed ⁺ + Crop ⁺ 2x		
Crop ⁺ 1x		
Crop ⁺ 2x		

141

142 A colheita realizou-se quando os frutos apresentaram as características do estágio 5
 143 (vermelho-claro), de acordo com escala proposta por Paula (2012) e permaneceram em
 144 laboratório com temperatura e umidade adequadas a fim de avaliar o tempo de prateleira. Os
 145 valores de sólidos solúveis totais (SST), acidez titulável (AT) e pH foram determinados a partir
 146 do suco dos frutos. A acidez titulável foi determinada por titulometria de neutralização com
 147 NaOH a 0,1 mol/L, até pH 8,2, os resultados foram expressos em porcentagem. Os sólidos
 148 solúveis foram obtidos através do processo de refração com o auxílio de refratômetro de mesa
 149 Abbe Tipo WYA Modelo 2WA-J e o resultado encontrado foi expresso em °Brix (MORETTI,
 150 2006). A relação sólidos solúveis totais e acidez titulável é utilizada para determinação da
 151 maturação em matéria prima. O pH foi determinado por leitura direta em solução de polpa
 152 homogeneizada utilizando-se medidor de pH digital portátil com escala de 0.0-14 pH, resolução
 153 de 0,1, precisão de $\leq \pm 0,03$ pH e calibração de 2 pontos (OTONI et al., 2012).

154

155 A análise de variância foi realizada conforme o modelo matemático do delineamento
 156 inteiramente casualizado com arranjo trifatorial. Os erros experimentais serão testados quanto
 157 à normalidade (teste de Shapiro-Wilk e o teste de Bartlett para analisar a homogeneidade das
 158 variâncias, com o auxílio do programa Action (ESTATCAMP, 2014). Posteriormente,
 159 proceder-se-á à análise de variância (ANOVA) e ao teste de Scott-Knott para agrupamento das
 160 médias, em 0,05 de probabilidade de erro ($p < 0,05$) utilizando-se o programa estatístico Sisvar®
 161 5.3 (FERREIRA, 2011).

161

162 **RESULTADOS**

163

164 Verificou-se interação entre os fatores condição hídrica do solo, época de aplicação e
 165 bioestimulantes entre os tratamentos nas características de pH, acidez titulável (AT), sólidos
 166 solúveis totais (SST) e a relação SST/AT, aos 18 dias após a colheita (DAC). Analisando-se
 167 os valores de potencial hidrogeniônico (pH) das amostras de tomate (Tabela 2), pode-se
 168 verificar que em ambas as condições de hídrica (50% CRA e 100% CRA) ocorreram um
 169 aumento nos valores de pH quando comparados com o tratamento testemunha, sendo diferentes
 170 estatisticamente da mesma.

171 Acrescenta-se ainda que, a melhor eficiência da aplicação de Crop⁺ 1x ocorreu quando a
 172 planta se encontrada em floração e com a condição hídrica de 100% da CRA, tendo um
 173 incremento de 0,20 pontos, quando comparados com o resultado da frutificação (sem
 174 tratamento). Entretanto, quando a dose de Crop⁺ foi dobrada (2x), o comportamento do produto
 175 se mostrou diferente, obtendo o melhor resultando quando aplicado na frutificação e com uma
 176 condição hídrica de 50% de CRA. Os demais bioestimulantes não apresentaram diferenças
 177 estatísticas no momento da aplicação e a condição hídrica à qual foram submetidos.

178

179 **Tabela 2.** pH do tomate tratado com bioestimulantes, em dois momentos de aplicação e duas
 180 condições hídricas do solo aos 18 dias após a colheita. Santa Maria-RS, 2018.

Bioestimulante	Condição Hídrica 50% CRA		Condição Hídrica 100% CRA	
	Floração	Frutificação	Floração	Frutificação
Sem tratamento	4.10 a A	4.10 a A	4.23 a B	4.10 a A
Seed ⁺	4.47 c A	4.50 b A	4.40 b A	4.50 c A
Seed ⁺ + Crop ⁺ 1x	4.53 c A	4.50 b A	4.50 b A	4.50 c A
Seed ⁺ + Crop ⁺ 2x	4.50 c A	4.43 b A	4.37 b A	4.40 c A
Crop ⁺ 1x	4.40 c A	4.47 b A	4.50 b B	4.30 b A
Crop ⁺ 2x	4.23 b A	4.40 b B	4.43 b A	4.43 c A
Média	4.43	4.42	4.45	4.42
CV (%)	1.8			

181 Médias não seguidas pelas mesmas letras, minúscula na coluna fator Bioestimulante dentro do mesmo Condição Hídrica do
 182 Solo/Momento de Aplicação e maiúscula na linha fator Condição Hídrica do Solo dentro do mesmo Bioestimulante/ Momento
 183 de Aplicação, diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, em 0,05 de probabilidade de erro. CRA: capacidade de retenção de
 184 água do solo.

185 A porcentagem de sólidos solúveis totais é uma característica diretamente ligada ao sabor
 186 e aceitação palatável. Além disso, correlaciona-se com a coloração do fruto, ou seja, conforme
 187 o fruto amadurece maior será o valor do °Brix. Entretanto, assim como no pH, os valores,
 188 aumentam gradualmente até um determinado momento atingindo um valor máximo (aos 18°
 189 DAC) e posterior decrescendo em decorrência do consumo respiratório.

190 O teor de SST os 18 DAC (Tabela 3), todos os bioestimulantes mantiveram médias
 191 superiores quando comparado a testemunha. O tratamento Seed⁺ + Crop⁺ 2x e Crop⁺ 2x
 192 apresentaram os maiores valores, quando aplicados na Floração e sob 50% de CRA. Este
 193 aumento pode ter ocorrido devido à baixa taxa de respiração e produção de etileno, quando
 194 utilizado o bioestimulante.

195 Os valores de SST encontrados nesse estudo variaram de 4,03 °Brix, aos 3 dia após a
 196 colheita, tabela não apresentada, no fator testemunha aplicado em frutificação sem estresse
 197 hídrico (100% CRA do solo) à 6,83 °Brix, aos 18 DAC, no fator Seed⁺ + Crop⁺ 2x aplicado em
 198 Frutificação 100% CRA do solo. Os resultados diferem estatisticamente, Scott-Knott à 0,05 de
 199 probabilidade de erro, comparado a testemunha, demonstrando que o uso de bioestimulantes,
 200 independente do momento de aplicação, aumenta a qualidade dos frutos sob estresse hídrico.

201

202 **Tabela 3.** Sólidos solúveis totais - SST (°Brix) do tomate tratado com bioestimulantes, em dois
 203 momentos de aplicação e duas condições hídricas do solo aos 18 dias após a colheita. Santa
 204 Maria-RS, 2018.

Bioestimulante	Condição Hídrica 50% CRA		Condição Hídrica 100% CRA	
	Floração	Frutificação	Floração	Frutificação
Sem tratamento	5.10 a A	5.23 a A	5.00 a A	5.10 a A
Seed ⁺	6.00 b A	6.50 c B	5.73 b A	5.10 a B
Seed ⁺ + Crop ⁺ 1x	6.10 b A	6.40 c B	6.40 c A	6.37 b A
Seed ⁺ + Crop ⁺ 2x	6.60 c B	6.13 b A	6.83 d B	6.20 b A
Crop ⁺ 1x	6.17 b A	6.20 b A	6.13 c A	6.20 b A
Crop ⁺ 2x	6.77 c B	6.47 c A	6.27 c A	6.80 c B
Média	6.12	6.15	6.06	5.96
CV (%)	2.23			

205 Médias não seguidas pelas mesmas letras, minúscula na coluna fator Bioestimulante dentro do mesmo Condição Hídrica do
 206 Solo/Momento de Aplicação e maiúscula na linha fator Condição Hídrica do Solo dentro do mesmo Bioestimulante/ Momento
 207 de Aplicação, diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, em 0,05 de probabilidade de erro. CRA: capacidade de retenção de
 208 água do solo.

209 Através desse estudo, observou-se que as plantas, em estresse, tratadas com
 210 bioestimulantes aplicados na Floração apresentaram maior eficiência no uso da água, pois
 211 mantiveram índices de SST iguais ou superior quando comparado a aplicação na Frutificação.
 212 O uso de bioestimulantes fez com que ocorresse diminuição na taxa de respiração dos frutos,
 213 aumentando assim o tempo de prateleira, apresentando menor atividade e, conseqüentemente,
 214 reduzindo o processo de degradação da parede celular e o amaciamento dos frutos.

215 A acidez titulável é expressa em porcentagem de ácido cítrico, o qual é considerado o
 216 ácido mais presente no fruto, começando a acumular logo após a formação do fruto, alcançando
 217 rapidamente o seu máximo valor. Observou-se maior diferença de AT de tomateiro Santa Cruz

218 Kada aos 18 DAC (Tabela 4), com valores variando de 0,27% (Floração, 50% CRA do solo) e
 219 0,69% (Frutificação, 100% CRA do solo).

220 A acidez titulável no fruto do tomateiro apresentou ajuste linear crescente para os
 221 tratamentos com Seed⁺ + Crop⁺ 2x; Crop⁺ 1x e Crop⁺ 2x, na Frutificação 50% da CRA do solo,
 222 em função dos nutrientes presentes na composição do bioestimulante Crop⁺. Os menores
 223 valores de acidez foram encontrados nos frutos em estádios mais avançados de maturação. Na
 224 condição de estresse hídrico, os frutos pertencentes ao tratamento T1 (testemunha)
 225 apresentaram acidez mais elevada, sendo estes respectivamente 0,69% e 0,63%, sendo este
 226 último não apresentada a tabela, em todos os períodos avaliados.

227

228 **Tabela 4.** Acidez titulável - AT (% ácido cítrico) do tomate tratado com bioestimulantes, em
 229 dois momentos de aplicação e duas condições hídricas do solo aos 18 dias após a colheita. Santa
 230 Maria-RS, 2018.

Bioestimulante	Condição Hídrica 50% CRA		Condição Hídrica 100% CRA	
	Floração	Frutificação	Floração	Frutificação
Sem tratamento	0.67 c A	0.66 c A	0.69 d A	0.65 d A
Seed ⁺	0.62 c A	0.55 b A	0.57 c A	0.57 c A
Seed ⁺ + Crop ⁺ 1x	0.48 b B	0.46 a A	0.51 b A	0.52 c A
Seed ⁺ + Crop ⁺ 2x	0.32 a A	0.45 a B	0.42 a A	0.46 b A
Crop ⁺ 1x	0.36 a A	0.44 a B	0.43 a A	0.37 a A
Crop ⁺ 2x	0.27 a A	0.38 a B	0.37 a A	0.38 a A
Média	0.45	0.49	0.50	0.49
CV (%)	9.06			

231 Médias não seguidas pelas mesmas letras, minúscula na coluna fator Bioestimulante dentro do mesmo Condição Hídrica do
 232 Solo/Momento de Aplicação e maiúscula na linha fator Condição Hídrica do Solo dentro do mesmo Bioestimulante/ Momento
 233 de Aplicação, diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, em 0,05 de probabilidade de erro. CRA: capacidade de retenção de
 234 água do solo.

235 A AT apresentou ampla variação durante o período avaliado, podendo alcançar uma
 236 diferença de 0,4 quando comparado com a testemunha na Floração 50% da CRA do solo. De
 237 acordo com o resultado da análise de variância, pode-se afirmar que o uso do bioestimulante à
 238 base de *Ascophyllum nodosum* promoveu um aumento significativo para as variáveis SST e AT.
 239 Os teores de AT e SST encontrados nesse trabalho estão dentro dos limites, pois apresentaram
 240 valores médios de 0,27% e 6,83 °Brix, respectivamente.

241 A relação SST/AT (Tabela 5), que indica o grau de equilíbrio entre os teores de açúcares
 242 e ácidos orgânicos do fruto, pois quanto maior o valor da relação, mais doce é o fruto. Valores
 243 altos (superiores a 10) na relação SST/AT indica uma excelente combinação de açúcar e ácido
 244 que se correlacionam com sabor suave enquanto que os valores baixos se correlacionam com
 245 ácido e pior sabor dos frutos. Neste experimento essa relação variou entre 7,30 (tabela não

246 apresentada) e 25,88, indicando ser um ótimo produto para processamento, bem como consumo
247 *in natura*.

248 Os valores foram superiores em todos os tratamentos com bioestimulantes, em todo o
249 período de avaliação. Os maiores valores médios, para a relação SST/AT, aos 18 DAC, foram
250 encontrados nos tratamentos com aplicação de bioestimulante Crop⁺ 2x, em 50% da CRA do
251 solo. Observa-se que na floração à 100% da CRA do solo, a diferença entre a aplicação de
252 bioestimulante (Crop⁺ 1x) e testemunha chegou a 50%. O uso de bioestimulantes manteve a
253 excelente qualidade quando apresenta relação de SST/AT, fato este observado em todos os
254 tratamentos exceto para a testemunha.

255

256 **Tabela 5.** Relação Sólidos solúveis totais - SST/ Acidez titulável - AT (% ácido cítrico) do
257 tomate tratado com bioestimulantes, em dois momentos de aplicação e duas condições hídricas
258 do solo aos 18 dias após a colheita. Santa Maria-RS, 2018.

Bioestimulante	Condição Hídrica 50% CRA		Condição Hídrica 100% CRA	
	Floração	Frutificação	Floração	Frutificação
Sem tratamento	7.70 a A	7.90 a A	7.30 a A	7.96 a A
Seed ⁺	9.79 a A	11.85 b A	10.15 a A	11.02 b A
Seed ⁺ + Crop ⁺ 1x	12.65 b A	14.04 b A	12.80 b A	12.31 b A
Seed ⁺ + Crop ⁺ 2x	20.77 d B	13.69 b A	16.51 c B	13.40 b A
Crop ⁺ 1x	17.04 c B	14.00 b A	14.48 b A	16.56 c A
Crop ⁺ 2x	25.88 e B	17.02 c A	17.13 c A	18.16 c A
Média	15.64	13.08	13.06	13.23
CV (%)	12.45			

259 Médias não seguidas pelas mesmas letras, minúscula na coluna fator Bioestimulante dentro do mesmo Condição Hídrica do
260 Solo/Momento de Aplicação e maiúscula na linha fator Condição Hídrica do Solo dentro do mesmo Bioestimulante/ Momento
261 de Aplicação, diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, em 0,05 de probabilidade de erro. CRA: capacidade de retenção de
262 água do solo.

263 A relação SST/AT apresentou melhores resultados quando submetida ao estresse hídrico
264 (50% CRA do solo) quando aplicado em florescimento, ou seja, os bioestimulantes podem
265 auxiliar quanto a permanência de frutos comestíveis por um maior tempo, quando comparado a
266 testemunha e conforme a demanda leva-se em consideração a época de aplicação. Além disso,
267 pode-se concluir que o uso de bioestimulantes foi favorecido quando aplicado na floração, nas
268 duas condições hídricas testadas.

269

270 DISCUSSÃO

271

272 A cultura do tomateiro é muito sensível ao déficit hídrico, principalmente durante a
273 floração (STEDUTO et al., 2012) e formação dos frutos (NUEZ, 1995; STEDUTO et al., 2012).

274 Nestes períodos, o estresse hídrico tem efeitos desastrosos para a planta, já que são momentos
275 sob controle hormonal e fatores externos exercem influência pela modificação bioquímica da
276 planta (ENDRES, et al., 2010). A planta, sob déficit hídrico, perde água provocando alterações
277 estruturais na membrana celular devido à desnaturação de proteínas. A escassez hídrica nas
278 plantas promove a redução da absorção, transporte e do percentual de água nos frutos,
279 favorecendo a concentração de ácidos (SIQUEIRA et al., 2009).

280 Os bioestimulantes proporcionam alterações fisiológicas que refletem em incremento do
281 crescimento e produtividade, melhora na qualidade nutricional e a vida de prateleira dos
282 produtos (BATTACHARYYA et al., 2015; ANDERSON, 2009). A qualidade dos frutos, está
283 associada a vários parâmetros, sejam características qualitativas de sabor, aparência externa e
284 coloração uniforme, além das já conhecidas propriedades nutricionais como teor de sólidos
285 solúveis (SS), pH, acidez titulável (AT), relação SST/AT (VIEIRA et al., 2014).

286 O pH para a cultura do tomateiro deve apresentar valores entre 4,2 e 4,5, pois valores
287 abaixo de 4,5 impedem a proliferação de microrganismos e contribuem para diminuir as perdas
288 na pós-colheita dos frutos (ARIDES et al., 2013). O pH é alterado conforme o estágio de
289 maturação do fruto, segundo Vieites et al. (2012), os valores de pH decrescem com os sinais de
290 maturação e aumenta com um grande aumento no amadurecimento, devido sintetizar ácidos
291 orgânicos. O estudo exibiu resultado favoráveis, pois os valores de pH permaneceram abaixo
292 de 4,5 em todos os períodos avaliados. Esses valores obtidos assemelham-se aos citados por
293 Sobreira et al. (2010) e Liu et al. (2010). Além disso, Santos et al., (2018), confirmam que pH
294 das amostras de tomate avaliadas, apresentou-se poucas oscilações ao longo do período
295 experimental, corroborando com este estudo.

296 O teor de sólidos solúveis totais é uma característica importante, pois conferem sabor ao
297 fruto, referindo-se à quantidade de açúcares armazenados, refletindo na satisfação do
298 consumidor (BECKLES, 2012; RAMOS, et al., 2013). A qualidade do fruto é medida através
299 do °Brix, sendo os maiores contribuintes para os SST a glicose, frutose e açúcares solúveis
300 (ANTHON et al., 2010). Após a colheita ocorre aumento do teor de SST devido a hidrólise do
301 amido nas reações de amadurecimento, entretanto, um período maior de prateleira ocasiona a
302 redução do teor de SST devido a necessidade de suprir a energia necessária às reações
303 metabólicas (RINALDI et al., 2011). Entretanto, no neste estudo essa carência não ocorre, tendo
304 sido suprida pelo uso dos bioestimulantes, pois apresentam importante função no como
305 retardadores da senescência (RAMOS et al., 2013).

306 O teor de SST em frutos de tomate pode ser atribuído a características genéticas, adubação
307 e principalmente fatores bióticos, como condição hídrica do solo (FERREIRA et al., 2010).
308 Koetz et al. (2010) observaram uma relação linear decrescente do teor de SST com o aumento
309 da lâmina de água de irrigação. Koetz et al. (2010) registraram um valor de 6,25 de °Brix em
310 tomate industrial para uma lâmina de água de 50% da ETc, valor similares as médias registradas
311 neste ensaio. Patanè et al. (2011) registraram valores do °Brix entre 4,80 para lâmina de 100%
312 da ETc e 7,60 para 0% ETc.

313 Fratoni (2014) relatou um incremento linear no teor de SST em frutos de tomateiro, em
314 função de doses crescentes de K na solução nutritiva. Sabe-se que o K é um nutriente que atua
315 na relação fonte-dreno, no que diz respeito ao transporte de fotoassimilados (MARSCHNER,
316 2011), esses dados corroboram com o nosso estudo, pois o uso do Crop⁺, o qual possui doses
317 de K, auxiliou no aumento dos SST.

318 A acidez titulável indica a quantidade de ácido cítrico presente nos frutos, sendo o
319 principal fator com influência sobre o sabor do produto, além de regular muitas reações
320 químicas e microbiológicas (NASCIMENTO et al., 2013). A quantidade de ácidos presentes
321 nos frutos varia com o grau de maturação e condições de crescimento (FERREIRA et al., 2010).
322 A medida que o fruto amadurece ocorre diminuição da AT devido à perda de ácido cítrico
323 (ANTHON et al., 2010), assim como observou-se no nosso estudo. Heine et al. (2015)
324 encontraram valores em torno de 0,37%. Santos et al., (2018) encontraram valores médios de
325 0,3% para a variedade Santa Cruz, próximos aos encontrados quando utilizou-se os
326 bioestimulantes Seed⁺ e Crop⁺. Martins et al. (2013), observaram que em melancia, os
327 bioestimulantes influenciaram no teor de sólidos solúveis e acidez titulável dos frutos, assim
328 como observado no nosso estudo.

329 A relação SST/AT é utilizada para descrever sobre a maturação do fruto, quanto maior o
330 coeficiente, maior será teor de sólidos solúveis totais e conseqüentemente mais adocicado é o
331 fruto (ARAÚJO et al., 2014). Segundo Lima et al. (2011), frutos de tomates de alta qualidade
332 são caracterizados por conter mais do que 0,32 de ATT, 3 °Brix de SS e uma relação SST/AT
333 maior do que 10. Os teores de SST, AT e a relação SST/AT encontrados neste trabalho estão
334 dentro dos limites estabelecidos pelos referidos autores.

335 Para Wozniak e Martineau (2007) os bioestimulantes Crop⁺ e Seed⁺ mostraram efeito
336 positivo na atividade fotossintética e na produtividade de culturas como soja e milho sob efeito
337 de eventos estressores. Koyama et al. (2012) verificaram que os bioestimulantes a base de
338 extrato de alga marinha apresenta importantes resultados para a cultura do tomate, sendo que

339 a dose 0,3% a cada 15 dias estimulou a produção do tomate, o que representa um menor custo
340 ao produtor, além de menor risco de contaminação por resíduos de pesticidas nos frutos,
341 por se tratar de uma fonte natural de nutrientes, aminoácidos e reguladores vegetais.

342 Desta forma, se os frutos precisarem ser transportados para longas distâncias para serem
343 comercializados, o uso do bioestimulante pode ser um fator favorável, pois mantém os índices
344 de qualidade de fruto adequadas.

345

346 CONCLUSÃO

347

348 Pelos dados obtidos conclui-se que, no experimento em ambiente protegido, a aplicação
349 de bioestimulantes, a base de extratos de *Ascophyllum nodosum*, proporcionou um reverso aos
350 danos de estresse na qualidade de frutos de tomate.

351 O uso de bioestimulantes, aumentou o tempo de prateleira sem perder a qualidade do
352 fruto, mesmo quando a planta submetida ao estresse hídrico.

353 Os melhores tratamentos foram obtidos com Seed⁺ + Crop⁺ 2x e Crop⁺ 2x, quando
354 aplicados na Floração e sob 50% de CRA, para as variáveis SST, AT e relação SST/AT.

355

356 REFERÊNCIAS

357

358 ABBAS, SALWA M. The influence of biostimulants on the growth and on the biochemical
359 composition of Vicia faba cv. Giza 3 beans. **Romanian Biotechnological Letters**, v. 18, n. 2,
360 p. 8061-8068, 2013.

361

362 ALBACETE, A. A.; MARTÍNEZ-ANDÚJAR, C.; PÉREZ-ALFOCEA, F. Regulação
363 hormonal e metabólica das relações fonte -imundície sob salinidade e seca: da sobrevivência
364 das plantas à estabilidade do rendimento das culturas. **Biotechnology
365 Advances** 32, 12 – 30, 2014.

366

367 ANTHON, G. E.; LESTRANGE, M.; BARRETT, D. M. Changes in pH, acids, sugars and other
368 quality parameters during extended vine holding of ripe 51 processing tomatoes. **Journal of
369 the Science of Food and Agriculture**, v. 91, n. 7, p. 1175-1181, 2011.

370

371 BECKLES, D. M. Factors affecting the postharvest soluble solids and sugar content of tomato
372 (*Solanum lycopersicum* L.) fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 63, n. 1, p. 129-
373 140, 2012.

374

375 ERIS, A. H. O.; SIRRITEPE, H. O.; SIRRITEPE, N. The effect of seaweed (*Ascophyllum*
376 *nodosum*) extract on yield and quality criteria in peppers. **Acta Horticulturae**, v. 412, p. 733-
377 737, 2011.

378

379 ESTATCAMP. **Software Action**. Estatcamp - Consultoria em estatística e qualidade, São
380 Carlos, SP, 2014. Disponível em: <http://www.portalaction.com.br> Acesso em: 22 dez. 2018.

381

382 FAO-FAOSTAT. Database Results. Disponível em: <
383 <http://www.fao.org/statistics/databases/en/>>.

384

385 FERREIRA, S. M. R. et al. Qualidade do tomate de mesa cultivado nos sistemas convencional
386 e orgânico. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, n. 1, p. 224-230, mar. 2010.

387

388 FERREIRA, S. M. R. et al. Qualidade pós colheita do tomate de mesa convencional e orgânico.
389 **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, n. 4, p. 858-869, dez. 2010.

390

391 FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**
392 (UFLA), v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

393

394 FRATONI, M. M. J. Nutrição potássica em tomateiro fertirrigado e cultivado em vasos
395 contendo areia. 2014. 53 f. Dissertação (Mestrado)-Universidade Estadual de Londrina,
396 Londrina, 2014.

397

398 GOLLDACK, D.; LI, C.; MOHAN, H. E PROBST, N. Tolerância à seca e estresse salino em
399 plantas: desvendar as redes de sinalização. **Fronteiras em Plant Science** 5, 151, 2014.

400

401 HA, C. V. et al. Positive regulatory role of strigolactone in plant responses to drought and salt
402 stress. **Proc Natl Acad Sci U S A** 111:851–856, 2014.

403

404 HEINE, M. J. A. et al. Número de haste e espaçamento na produção e qualidade do tomate.
405 **Revista Scientia Plena**, v. 11, n. 9, 2015.

406

407 HELDWEIN, A. B.; BURIOL, G. A.; STRECK, N. A. O clima de Santa Maria. **Ciência e**
408 **Ambiente**, v.38, p.43-58, 2009.

409

410 HOEKSTRA, F. A.; GOLOVINA, E. A.; BUITINK, J. Mechanisms of plant desiccation
411 tolerance. **Trends in Plant Science**, Oxford, v. 6, n. 9, p. 431-438, 2001.

412

413 IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento sistemático da**
414 **produção Agrícola**: pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no
415 ano civil. Rio de Janeiro: IBGE. 19, 4: 1-81, 2019.

416

417 KOYAMA, R. et al. Extrato da alga *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis no desenvolvimento
418 vegetativo e na produção do tomateiro. **Revista Ciência Agrária**, v. 55, n. 4, p. 282-287,
419 out./dez. 2012.

420

421 LE, JOLIS, A. Liste des algues marines de Cherbourg. Cherbourg, 1863. p.168. Mémoires de
422 la Société Impériale des Sciences Naturelles de Cherbourg.

423

424 LIMA, A. A. et al. Concentração foliar de nutrientes e produtividade do tomateiro cultivado
425 sob diferentes substratos e doses de ácidos húmicos. **Horticultura Brasileira**, Brasília-DF, v.
426 29, n. 1, p. 63-69, 2011.

427

428 LIU, F. et al. Changes of tomato powder qualities during storage. **Powder Technology** 204:
429 159-166, 2010.

430

431 MARSCHNER, P. **Marschner's mineral nutrition of higher plants**. 3rd ed. Waltham:
432 Academic Press. 672 p. 2011.

433

434 MARTINS, J. C. P. et al. Características pós-colheita dos frutos de cultivares de melancia,
435 submetidas à aplicação de bioestimulante. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 2, n. 26, p. 18-24,
436 abr./jun. 2013.

437

438 MEIER, U. *Growth stages of mono-and dicotyledonous plants - BBCH*. 2. ed. Berlin: German
439 Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry, 2001.

440

441 MONDOLON, A. T. et al. Qualidade pós-colheita de frutos de tomateiro submetidos a
442 preparados em altas diluições. **Revista Horticultura Brasileira**, v. 30, p. 58-63, 2012.

443

444 NASCIMENTO, A. R. et al. Qualidade de tomates de mesa cultivados em sistema orgânico e
445 convencional no estado de Goiás. **Revista Horticultura Brasileira**, v. 31, p. 628-635, 2013.

446

447 NASCIMENTO, W. M. **Produção de sementes de hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa, v. 2, p.
448 342, 2014.

449

450 NASIR, M. U. et al. Tomato processing, lycopene and health benefits: A review. *Science*
451 *Letters, Sargodha*, v.3, n.1, p.1-5, 2015.

452

453 RAMOS, A. R. P. et al. Qualidade de frutos de tomate ‘Giuliana’ tratados com produtos de
454 efeitos fisiológicos. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 6, p. 3543-3552, 2013

455

456 SABIR, A. et al. Vine growth, yield, berry quality attributes and leaf nutrient content of
457 grapevines as influenced by seaweed extract (*Ascophyllum nodosum*) and nanosize fertilizer
458 pulverizations. **Scientia Horticulturae**, v. 175, p. 1-8, 2014.

459

460 SANTOS, J. M. S. M. et al. Qualidade pós-colheita de duas variedades de tomates. **Revista**
461 **Craibeiras de Agroecologia**, Rio Largo, v. 3, n. 1, p. e6550, 2018.

462

463 SOBREIRA, F. M. et al. Qualidade de sabor de tomates dos tipos salada e cereja e sua relação
464 com caracteres morfoagronômicos dos frutos. **Ciência e Agrotecnologia** 34: 015-1023, 2010.

465

466 SPANN, T. M.; LITTLE, H. A. Applications of a Commercial Extract of the Brown Seaweed
467 *Ascophyllum nodosum* Increases Drought Tolerance in Containergrown ‘Hamlin’ Sweet
468 Orange Nursery Trees. **Hortscience**, v. 46, n. 4, p. 577-582, 2011.

469

470 SOUZA, E. R. **Fenologia e mistura de reguladores vegetais e de fertilizante foliar no**
471 **metabolismo da videira cv. Sweet Sunshine em clima semiárido.** 2014. 143 f. Tese
472 (Doutorado em Agronomia - Horticultura) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
473 Filho, Botucatu - SP.
474
475 STAJCIC´, S.; ´CETKOVIC´, G.; CANADANOVIC´-BRUNET, J.; et al. Tomato waste:
476 Carotenoids content, antioxidant and cell growth activities. **Food Chemistry**, Barking, v. 172,
477 n. 1, p.225-232, 2015.
478
479 VIEITES, R. L.; DAIUTO, É. R.; FUMES, J. G. F. Capacidade antioxidante e qualidade pós-
480 colheita de abacate 'Fuerte'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 34(2): 336-348, 2012.
481
482

6 CAPÍTULO II

483

484

Aplicação de bioestimulantes em plantas de tomateiro submetidas ao estresse hídrico: Respostas fisiológicas, enzimáticas e produtivas

485 **Artigo II**

486
487 **(Submetido na Revista Agriambi)**

488
489 **Aplicação de bioestimulantes em tomateiro submetidas ao estresse hídrico: Respostas**
490 **fisiológicas, enzimáticas e produtivas**

491
492 **RESUMO:** Embora os bioestimulantes possam estar envolvidos na mitigação dos efeitos do
493 estresse hídrico, pouco se sabe sobre os mecanismos fisiológicos envolvidos, além do melhor
494 momento de aplicação. O objetivo deste trabalho foi determinar se a aplicação dos
495 bioestimulantes Seed⁺ e Crop⁺ afetam as variáveis fisiológicas e produtivas e a atividade de
496 enzimas antioxidantes (superóxido dismutase (SOD) e guaiacol peroxidase (POD)) em plantas
497 de tomateiro submetidas a diferentes condições hídricas do solo. O experimento foi conduzido
498 em casa de vegetação, em esquema trifatorial 2x2x6, sendo: época de aplicação dos
499 bioestimulantes (florescimento e frutificação), condições hídricas do solo (50% e 100% da
500 capacidade de retenção de água no solo) e bioestimulantes (sem tratamento; Seed⁺; Seed⁺ +
501 Crop⁺ 1x; Seed⁺ + Crop⁺ 2x; Crop⁺ 1x; + Crop⁺ 2x). O delineamento experimental foi
502 inteiramente casualizado, com quatro repetições. O uso dos bioestimulantes Seed⁺ e Crop⁺
503 promoveram um aumento no rendimento quântico do fotossistema II (F_v/F_m), mesmo quando
504 submetido ao estresse hídrico. Além disso, os bioestimulantes promoveram um aumento na
505 atividade das enzimas SOD e POD e na produtividade final da cultura sob deficiência hídrica.
506 Assim, a utilização dos bioestimulantes Seed⁺ e Crop⁺ pode ser uma alternativa para auxiliar na
507 mitigação dos danos causados pelo estresse hídrico.

508 **Palavras-chave:** *Solanum lycopersicum*, *Ascophyllum nodosum*, condição hídrica.

510 **Application of biostimulants in tomato subjected to water stress: Physiological,**
511 **enzymatic and productive responses**

512
513 **ABSTRACT:** Although biostimulants may be involved in mitigating the effects of water stress,
514 little is known about the physiological mechanisms involved, besides the best time of
515 application. The objective of this work was to determine if the application of Seed⁺ and Crop⁺
516 biostimulants affect the physiological and productive variables and the activity of antioxidant
517 enzymes (superoxide dismutase (SOD) and guaiacol peroxidase (POD)) in tomato plants
518 subjected to different soil water conditions. The experiment was carried out in a greenhouse, in
519 a 2x2x6 tri-factorial scheme, including: time of application of biostimulants (flowering and
520 fruiting), soil water conditions (50% and 100% of soil water retention capacity) and
521 biostimulants (without treatment; Seed⁺; Seed⁺ + Crop⁺ 1x; Seed⁺ + Crop⁺ 2x; Crop⁺ 1x; +Crop⁺
522 2x). The experimental design was completely randomized with four replications. The use of
523 Seed⁺ and Crop⁺ biostimulants promoted an increase in photosystem II quantum yield (Fv /
524 Fm), even when subjected to water stress. In addition, biostimulants promoted an increase in
525 SOD and POD enzymes activity and in the final crop yield under water deficiency. Thus, the
526 use of Seed⁺ and Crop⁺ biostimulants may be an alternative to help mitigate the damage caused
527 by water stress.

528 **Keywords:** *Solanum lycopersicum*, *Ascophyllum nodosum*, water condition

529
530 **INTRODUÇÃO**

531 O tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) desempenha importância socioeconômica no Brasil,
532 com produção média de 4,5 milhões de toneladas de tomates (IBGE, 2019). O rendimento da
533 cultura está diretamente ligado a fatores abióticos e bióticos, entretanto adversidades são
534 ameaças sérias à agricultura podendo interferir durante todo o ciclo de cultivo (Ahmed et al.,

535 2016). Essas adversidades podem causar prejuízos em nível molecular, bioquímico,
536 morfológico e fisiológico (Kreuzwieser & Rennenberg, 2014; Loreti et al., 2016).

537 A deficiência hídrica é um dos estresses que mais interfere nos processos morfofisiológicos
538 da planta, pois é responsável por vários processos bioquímicos e metabólicos (Mozdzen et al.,
539 2015). Na fisiologia, o estresse hídrico causa estresse oxidativo nas células vegetais,
540 ocasionando aumento na produção de espécies reativas de oxigênio (EROs), e redução do
541 crescimento da planta e da produtividade (Alhasnawi et al., 2015; Yasar et al., 2016; Alves et
542 al., 2018). Mecanismos de detoxificação das EROs existem em todas as plantas e incluem a
543 ativação de várias enzimas, entre elas a superóxido dismutase (SOD), a catalase e a guaiacol
544 peroxidase (POD) (Meloni et al., 2003).

545 A fim de mitigar os danos causados pelo estresse hídrico, surgiram os bioestimulantes, os
546 quais podem contribuir na melhoria das propriedades físicoquímicas do solo, absorção,
547 translocação e uso dos nutrientes pelas plantas, incluindo aumento de resistência à estresses
548 (Calvo et al., 2014; Du Jardin, 2015). Apresentam em sua formulação extratos de algas
549 marinhas, *Ascophyllum nodosum*, a qual gera uma tolerância contra os estresses bióticos e
550 abióticos favorecendo a sinalização nas plantas para a produção de substâncias elicitoras ou
551 osmoprotetoras, devido apresentar altas taxas de glicina-betaína (GB) e prolina (BULGARI et
552 al., 2015).

553 Embora os efeitos benéficos da aplicação de bioestimulantes tenham sido comprovados em
554 várias culturas, necessita-se de novas pesquisas para melhor avaliar seus efeitos. Desta forma,
555 o objetivo deste estudo foi determinar se a aplicação dos bioestimulantes Seed⁺ e Crop⁺ afetam
556 as variáveis fisiológicas e produtivas e a atividade de enzimas antioxidantes (superóxido
557 dismutase (SOD) e guaiacol peroxidase (POD)) em plantas de tomateiro submetidas a diferentes
558 condições hídricas do solo.

559

560

MATERIAL E MÉTODOS

561

O experimento foi realizado em casa de vegetação no município de Santa Maria, RS.

562

Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado na forma de um fatorial

563

2x2x6, sendo o fator A duas condições hídricas do solo (50 e 100% da capacidade de retenção

564

de água do solo - CRA), fator B, duas épocas de aplicação (início do florescimento e início da

565

frutificação), e o fator C, bioestimulantes (sem tratamento; Seed⁺; Seed⁺ + Crop⁺ 1x; Seed⁺ +

566

Crop⁺ 2x; Crop⁺ 1x; Crop⁺ 2x), com quatro repetições.

567

A determinação da CRA do solo foi realizada por meio da secagem até atingir massa

568

constante (estufa à 70°C). Posteriormente, o solo seco foi irrigado até ocorrer a saturação do

569

solo, ou seja, 100% da CRA do solo, o qual foi pesado e através da subtração entre a massa do

570

vaso com solo seco para o vaso com solo úmido, obteve-se o valor da quantidade de água para

571

atingir 100% da CRA do solo.

572

A semeadura foi realizada em bandejas de isopor com 200 células preenchidas com substrato

573

Mecplant[®], as quais foram mantidas em casa de vegetação, com irrigação do tipo floating. Para

574

os tratamentos com Seed⁺, realizou-se a aplicação na dose de 100 mL 100L⁻¹ de água do

575

bioestimulante no floating e no outro tratamento, o floating só apresentava água. As mudas

576

permaneceram nesse sistema até o momento do transplante. As mudas foram transplantadas

577

para vasos de polipropileno preto de 9 litros, preenchidos com 8,5 kg de solo, peneirado,

578

homogeneizado e com acidez corrigida, de acordo com a análise do solo. A irrigação foi

579

realizada diariamente, deixando o solo próximo à capacidade de campo, a fim de garantir um

580

bom estabelecimento e desenvolvimento inicial.

581

O fornecimento das referidas quantidades de água ocorreu regularmente através do método

582

de pesagem, utilizando uma balança eletrônica marca ACS System com precisão de 5 g, sendo

583

adicionado água até atingir a massa total pré-determinada (vaso + solo seco + volume de água

584 para atingir 100 ou 50% da CRA do solo). A aplicação do bioestimulante Crop⁺ foi realizada
585 em dois estágios de desenvolvimento distintos da cultura, floração e frutificação, períodos estes
586 considerados de maior demanda hídrica para a cultura. Após a aplicação do bioestimulante
587 Crop⁺, induziu-se o estresse hídrico, por um período de 15 dias.

588 Após o período de exposição aos tratamentos, foram realizadas as avaliações dos parâmetros
589 de fluorescência da clorofila *a* no terço médio da última folha completamente expandida de
590 cada planta. As avaliações foram realizadas no período entre as 3 e 8 h com a utilização do
591 medidor com fluorômetro de pulso modulado JUNIOR-PAM (Walz, Alemanha). Foram
592 determinadas a fluorescência inicial (F_o), fluorescência máxima (F_m), razão fluorescência
593 variável/fluorescência máxima (eficiência fotoquímica máxima do PSII) (F_v/F_m), a razão
594 fluorescência variável/fluorescência inicial (F_v/F_o), o rendimento quântico efetivo do PSII
595 (YII125) e a taxa de transporte de elétrons (ETR1500).

596 Para a extração enzimática, utilizou-se 0,5 g de amostra de folhas do terço médio, maceradas
597 em nitrogênio líquido, as quais foram homogeneizadas em 3 mL de tampão fosfato de sódio
598 (pH 7,8) 0,05 M, contendo 1 mM de EDTA e 2% (w/v) de polivinilpirrolidona (PVP). O
599 homogeneizado foi centrifugado a 13.000 x g 20 min⁻¹ a 4 °C e o sobrenadante foi utilizado
600 para a determinação da atividade das enzimas. A atividade da superóxido dismutase (SOD) foi
601 determinada pelo método espectrofotométrico, descrito por Giannopolitis & Ries (1977). A
602 atividade da enzima guaiacol peroxidase (POD) foi determinada segundo Zeraik et al. (2008),
603 utilizando-se o guaiacol como substrato.

604 A análise de variância foi realizada conforme o modelo matemático do delineamento
605 inteiramente casualizado com arranjo trifatorial. Os erros experimentais foram testados quanto
606 à normalidade (teste de Shapiro-Wilk e o teste de Bartlett). Posteriormente, procedeu-se à
607 análise de variância (ANOVA) e ao teste de Scott-Knott para agrupamento das médias, em 0,05

608 de probabilidade de erro ($p < 0,05$) utilizando-se o programa estatístico Sisvar® 5.3 (Ferreira,
609 2011).

610

611 **RESULTADOS E DISCUSSÕES**

612 Estresses hídricos podem causar danos irreversíveis aos tecidos foliares, provocando
613 alterações metabólicas importantes para as plantas como restrições estomáticas no suprimento
614 de CO₂ e aumento da produção de espécies reativas de oxigênio (EROs), as quais podem
615 degradar componentes celulares como o fotossistema II e as membranas lipídicas (Kim et al.,
616 2017). Para as variáveis de fluorescência houve diferença significativa pelo teste de Scott-Knott
617 ($p \leq 0,05$) apenas para as variáveis coeficiente de rendimento quântico (Fv/Fm) e taxa aparente
618 de transporte de elétrons (ETR), os quais são utilizados para detectar desordem no sistema
619 fotossintético causada por estresses, pois a redução dos valores indica inibição da atividade
620 fotoquímica.

621 Para o rendimento quântico do PSII (Fv/Fm) no período da ante manhã (Tabela 1), observa-
622 se que a aplicação de bioestimulantes Seed⁺ + Crop⁺ 2x; Crop⁺ 1x e Crop⁺ 2x, favoreceu o
623 transporte de elétrons para o fotossistema II. Aplicação dos bioestimulantes Seed⁺ e Crop⁺
624 causou aumento dos valores de Fv/Fm em relação ao tratamento controle. Além disso, pode-se
625 observar que não houve diferença quanto ao momento de aplicação dos bioestimulantes e
626 condição hídrica do solo.

627

628 Tabela 1. Rendimento quântico potencial do fotossistema II (Fv/Fm) no período da ante manhã em plantas de tomateiro tratado
629 com bioestimulantes, em dois momentos de aplicação e duas condições hídricas do solo. Santa Maria-RS, 2018.

Bioestimulante	Condição Hídrica 50% CRA		Condição Hídrica 100% CRA	
	Floração	Frutificação	Floração	Frutificação
Sem tratamento	0,25 a A	0,48 a B	0,54 a B	0,38 a A
Seed ⁺	0,60 b A	0,69 b A	0,72 b A	0,75 b A
Seed ⁺ + Crop ⁺ 1x	0,72 c A	0,74 b A	0,75 b A	0,81 b A

Seed ⁺ + Crop ⁺ 2x	0,81 c A	0,81 b A	0,81 b A	0,82 b A
Crop ⁺ 1x	0,75 c A	0,77 b A	0,75 b A	0,79 b A
Crop ⁺ 2x	0,80 c A	0,81 b A	0,82 b A	0,82 b A
Média	0,66	0,72	0,73	0,72
CV (%)	12,50			

630 Médias não seguidas pelas mesmas letras, minúscula na coluna fator Bioestimulante dentro da mesma Condição Hídrica do
631 Solo/Momento de Aplicação e maiúscula na linha fator Condição Hídrica do Solo dentro do mesmo Bioestimulante/Momento
632 de Aplicação, diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, em 0,05 de probabilidade de erro. CRA: Capacidade de retenção de
633 água do solo.

634

635 Mesmo não diferindo estatisticamente, os bioestimulantes Seed⁺ + Crop⁺ 2x e Crop⁺ 2x,
636 destacaram-se em relação aos demais tratamentos, apresentando média de Fv/Fm de 0,813. Para
637 Crop⁺ 2x na floração e na frutificação (50 e 100% CRA do solo), os valores variaram entre 0,80
638 e 0,81 e 0,82, respectivamente. A redução de Fv/Fm indica dano ao aparato fotossintético por
639 produção de espécies reativas de oxigênio (EROs). Entretanto, em nosso estudo, o uso dos
640 bioestimulantes Seed⁺ e Crop⁺ controlaram a diminuição. Não foi registrada diferenças de
641 rendimento quântico potencial do fotossistema II (Fv/Fm) entre a aplicação na floração ou
642 frutificação dos tratamentos bioestimulantes.

643 Os resultados da fluorescência do período da manhã encontram-se resumidos na Tabela 2.
644 Os menores valores do rendimento quântico máximo do fotossistema II (Fv/Fm) ocorreram nas
645 plantas submetidas ao estresse hídrico e que não receberam aplicação de bioestimulante. O
646 menor valor alcançado foi 0,25, indicando que a redução na eficiência quântica do fotossistema
647 II (Fv/Fm) pode ter ocorrido em função do estresse hídrico que as plantas foram submetidas. A
648 elevação do parâmetro Fv/Fm foi proporcional a dose de bioestimulante Crop⁺, ou seja, o
649 aumento da dose de bioestimulante proporcionou o aumento do valor de Fv/Fm, independente
650 da condição hídrica. Além disso, observa-se que o uso dos bioestimulantes Seed⁺ e Crop⁺ 2x,
651 apresentou efeito significativo em aumentar o rendimento quântico potencial do fotossistema
652 II, alcançando valores entre 0,80 e 0,82.

653

654 Tabela 2. Rendimento quântico potencial do fotossistema II (Fv/Fm) no período da manhã em plantas de tomateiro tratadas
655 com bioestimulantes, em dois momentos de aplicação e duas condições hídricas do solo. Santa Maria-RS, 2018.

Bioestimulante	Condição Hídrica 50% CRA		Condição Hídrica 100% CRA	
	Floração	Frutificação	Floração	Frutificação
Sem tratamento	0,35 a A	0,39 a A	0,26 a A	0,24 a A
Seed ⁺	0,50 b A	0,64 b A	0,40 a A	0,66 b B
Seed ⁺ + Crop ⁺ 1x	0,61 b A	0,76 b B	0,63 b A	0,78 c A
Seed ⁺ + Crop ⁺ 2x	0,79 c A	0,79 b A	0,74 b A	0,80 c A
Crop ⁺ 1x	0,77 c A	0,78 b A	0,78 b A	0,78 c A
Crop ⁺ 2x	0,84 c A	0,80 b A	0,81 b A	0,81 c A
Média	0,64	0,69	0,60	0,68
CV (%)	10,88			

656 Médias não seguidas pelas mesmas letras, minúscula na coluna fator Bioestimulante dentro da mesma Condição Hídrica do
657 Solo/Momento de Aplicação e maiúscula na linha fator Condição Hídrica do Solo dentro do mesmo Bioestimulante/Momento
658 de Aplicação, diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, em 0,05 de probabilidade de erro. CRA: Capacidade de retenção de
659 água do solo.

660

661 O metabolismo fotossintético é muito sensível à disponibilidade de água. Plantas
662 fisiologicamente equilibradas apresentam valores de Fv/Fm variando entre 0,75 e 0,85
663 (Wagner; Merotto Junior, 2014), sendo que valores inferiores indicam o comprometimento da
664 fixação de CO₂ no tecido foliar, sendo um excelente indicador de estresse da planta. Plantas de
665 tomateiro submetidas a deficiência hídrica e na ausência dos bioestimulantes apresentaram
666 valores de Fv/Fm variando entre 0,35 e 0,39 (Tabela 2). Esses valores indicam que as plantas
667 estavam em situação de estresse, com prejuízos na capacidade fotossintética das plantas.

668 Reduções significativas de Fv/Fm sob deficiência hídrica foram observadas em *E.*
669 *guineenses* (Chandrasekar et al., 2010), corroborando com a testemunha deste estudo (Tabelas
670 1 e 2). Neste trabalho, a aplicação dos bioestimulantes causou aumento dos valores de Fv/Fm
671 tanto na deficiência quanto na situação de adequado suprimento de água, alcançando valores
672 entre 0,80 e 0,82, comparado com o tratamento controle, sem bioestimulantes. Os resultados
673 demonstram que o uso do bioestimulante Crop⁺ isolado ou combinado com o Seed⁺ pode ser

674 uma alternativa para mitigar os danos causados pelo estresse hídrico às estruturas fotossintéticas
 675 das plantas. Além disso, foi observado maior taxa de transporte de elétrons (ETR) nas plantas
 676 em que ocorreu aplicação os bioestimulantes, indicando que os mesmos podem potencializar a
 677 atividade fotossintética das plantas.

678 A ETR é útil para mensurar as alterações na capacidade fotossintética das plantas em
 679 decorrência de estresse causado por deficiência hídrica. Sob estresse hídrico, foram observadas
 680 diferenças estatísticas apenas quando aplicado os tratamentos na frutificação (Tabela 3). O
 681 bioestimulante Crop⁺ nas doses testadas ou em aplicação complementar ao bioestimulante
 682 Seed⁺ demonstrou superioridade em relação aos demais tratamentos, ou seja, houve uma
 683 recuperação da planta.

684

685 Tabela 3. Taxa aparente de transporte de elétrons (ETR) ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) no período da ante manhã em plantas de tomateiro
 686 tratado com bioestimulantes, em dois momentos de aplicação e duas condições hídricas do solo. Santa Maria-RS, 2018.

Bioestimulante	Condição Hídrica 50% CRA		Condição Hídrica 100% CRA	
	Floração	Frutificação	Floração	Frutificação
Sem tratamento	12,21 a A	14,47 a A	6,10 a A	14,23 a A
Seed ⁺	14,49 a A	31,33 a A	14,03 a A	50,20 b B
Seed ⁺ + Crop ⁺ 1x	12,57 a A	48,33 b B	18,43 a A	31,30 a A
Seed ⁺ + Crop ⁺ 2x	24,10 a A	43,70 b B	35,70 b A	38,77 b A
Crop ⁺ 1x	24,97 a A	40,77 b A	31,70 b A	50,83 b A
Crop ⁺ 2x	20,30 a A	57,23 b B	36,13 b A	51,87 b A
Média	18,11	39,31	23,68	39,53
CV (%)	26,17			

687 Médias não seguidas pelas mesmas letras, minúscula na coluna fator Bioestimulante dentro da mesma Condição Hídrica do
 688 Solo/Momento de Aplicação e maiúscula na linha fator Condição Hídrica do Solo dentro do mesmo Bioestimulante/Momento
 689 de Aplicação, diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, em 0,05 de probabilidade de erro. CRA: Capacidade de retenção de
 690 água do solo.

691

692 Na Tabela 4 está apresentada a atividade da enzima superóxido dismutase (SOD) expressa
 693 em U SOD mg^{-1} de proteína. Para ambos os bioestimulantes Seed⁺ e Crop⁺, de modo geral,
 694 quando em estresse hídrico, ocorreu ativação da SOD, comparado com o controle. Os

695 bioestimulantes influenciaram de forma significativa a atividade da SOD, visto que o déficit
 696 hídrico gera o estresse oxidativo por meio do aumento das EROs, as quais podem alterar o
 697 metabolismo da célula por meio de danos aos lipídios, proteínas e ácidos nucleicos.

698

699 Tabela 4. Atividade específica da superóxido dismutase (SOD) ($U\ mg^{-1}$ proteína) em plantas de tomateiro tratadas com
 700 bioestimulantes, em dois momentos de aplicação e duas condições hídricas do solo. Santa Maria-RS, 2018.

Bioestimulante	Condição Hídrica 50% CRA		Condição Hídrica 100% CRA	
	Floração	Frutificação	Floração	Frutificação
Sem tratamento	124,43a A	144,44a A	103,65a A	104,38a A
Seed ⁺	154,33a A	156,56a A	109,03a A	105,13a A
Seed ⁺ + Crop ⁺ 1x	214,42c A	215,06b A	79,00a A	86,90a A
Seed ⁺ + Crop ⁺ 2x	240,70c A	244,92b A	113,33a A	92,18a A
Crop ⁺ 1x	192,63b A	187,22a A	86,30a A	102,58a A
Crop ⁺ 2x	295,42d A	372,12c B	75,39a A	91,36a A
Média	203,66	220,05	94,45	97,09
CV (%)	15,02			

701 Médias não seguidas pelas mesmas letras, minúscula na coluna fator Bioestimulante dentro da mesma Condição Hídrica do
 702 Solo/Momento de Aplicação e maiúscula na linha fator Condição Hídrica do Solo dentro do mesmo Bioestimulante/Momento
 703 de Aplicação, diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, em 0,05 de probabilidade de erro. CRA: Capacidade de retenção de
 704 água do solo.

705

706 A maior atividade da SOD foi observada em plantas com deficiência hídrica e sob aplicação
 707 do bioestimulante Crop⁺ 2x na frutificação, o qual atingiu valor de 372,12 $U\ mg^{-1}$ de proteína.
 708 A aplicação de Crop⁺ aumentou a atividade da SOD em relação ao controle e a aplicação
 709 somente de Seed⁺, evidenciando o papel deste bioestimulante na defesa contra as EROs. Em
 710 plantas sem deficiência hídrica não foi observada diferença estatística em relação a aplicação
 711 de bioestimulantes e momento de aplicação.

712 Durante o processo evolutivo, as plantas desenvolveram sistemas de remoção das EROs,
 713 podendo ser de defesa antioxidante enzimático incluindo a superóxido dismutase (SOD), a
 714 guaiacol peroxidase (POD) e a catalase (CAT), e os antioxidantes não enzimáticos como a
 715 ascorbato, glutathiona, prolina, carotenóides e compostos fenólicos. Alterações dos mecanismos

716 antioxidantes correlacionam-se a capacidade de defesa a diferentes estresses. Em condições de
 717 déficit hídrico, foram registradas importantes alterações no metabolismo fotossintético e
 718 antioxidante de plantas de *Coffea arabica* (Deuner et al., 2011).

719 As plantas de tomateiro que não receberam aplicação dos tratamentos (T1) apresentaram
 720 menor valor de atividade da POD, diferindo estatisticamente das plantas tratadas com
 721 bioestimulantes (Tabela 5). Houve maiores valores de POD nos tratamentos T4, T5 e T6, ou
 722 seja, quando utilizou-se os bioestimulantes Crop⁺, isolado ou associado ao Seed⁺ e em estresse
 723 hídrico. Esse resultado é verificado nos dois momentos de aplicação, quando em estresse
 724 hídrico, logo, independente da época de aplicação, os bioestimulantes ajudam a potencializar
 725 as proteínas nas plantas.

726

727 Tabela 5. Atividade específica da guaiacol peroxidase (POD) (U mg⁻¹ proteína) em plantas de tomateiro tratadas com
 728 bioestimulantes, em dois momentos de aplicação e duas condições hídricas do solo. Santa Maria-RS, 2018.

Bioestimulante	Condição Hídrica 50% CRA		Condição Hídrica 100% CRA	
	Floração	Frutificação	Floração	Frutificação
Sem tratamento	247,88a A	380,24a B	129,61a A	158,32a A
Seed ⁺	375,54b A	351,93a A	136,26a A	144,72a A
Seed ⁺ + Crop ⁺ 1x	415,20b A	542,95b B	138,83a A	139,29a A
Seed ⁺ + Crop ⁺ 2x	810,97d B	703,60c A	134,26a A	137,08a A
Crop ⁺ 1x	691,19c A	800,00d B	171,35a A	104,02a A
Crop ⁺ 2x	921,59e A	972,62e A	143,10a A	133,30a A
Média	577,06	625,22	142,24	136,12
CV (%)	12,07			

729 Médias não seguidas pelas mesmas letras, minúscula na coluna fator Bioestimulante dentro da mesma Condição Hídrica do
 730 Solo/Momento de Aplicação e maiúscula na linha fator Condição Hídrica do Solo dentro do mesmo Bioestimulante/Momento
 731 de Aplicação, diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, em 0,05 de probabilidade de erro. CRA: Capacidade de retenção de
 732 água do solo.

733

734 De acordo com a análise de variância, pode-se observar (Tabelas 4 e 5) que houve interação
 735 significativa entre os bioestimulantes, momento de aplicação e condição hídrica do solo para
 736 atividade das enzimas superóxido dismutase (SOD) e guaiacol peroxidase (POD). Assim,

737 garantindo uma adequada atividade enzimática, tendo em vista que é crucial para o ótimo
738 desenvolvimento vegetal, uma vez que está diretamente relacionada aos processos metabólicos.

739 A peroxidação lipídica tem efeitos diretos na diminuição da fluidez, permeabilidade das
740 membranas celulares e inativação de receptores e canais iônicos, devido a alterações na
741 composição dos lipídios de membrana (Tian et al., 2012). Anjum et al., (2017) observaram
742 aumento da atividade das enzimas catalase e superóxido dismutase em plantas de milho sob
743 deficiência hídrica severa. No presente estudo, houve aumento da atividade da SOD e POD em
744 plantas expostas a condições estressantes. Wang et al. (2010a) relataram que as enzimas SOD
745 e POD protegem as plantas de dano oxidativo sob condições de estresse hídrico. Além disso, a
746 atividade dessas enzimas foi maior com a presença dos bioestimulantes, na condição de
747 deficiência hídrica, o que pode estar relacionado ao aumento da tolerância ao estresse, com
748 remoção mais eficiente de espécies reativas de oxigênio. Esses resultados corroboram com o
749 estudo de Wang et al. (2010b), o qual constatou incremento da atividade de SOD, POD e CAT
750 em comparação ao controle em folhas de batata submetidas à aplicação de bioestimulante.

751 O sistema antioxidante pode ser potencializado através da aplicação de produtos, como os
752 bioestimulantes. Estudos demonstraram um aumento do sistema antioxidante e redução da
753 incidência de peroxidação lipídica em algumas culturas submetidas a estresse hídrico, em
754 comparação com plantas controle, com o uso de bioestimulantes (Spann & Little, 2011;
755 Elansary et al., 2016; Santaniello et al., 2017). A base dos bioestimulantes é a alga *Ascophyllum*
756 *nodosum*, rica em glicina, glicina betaína e prolina, as quais estão relacionadas ao incremento
757 na atividade das enzimas antioxidantes, proporcionando tolerância à estresses bióticos e
758 abióticos (Abogadallah, 2010; Colla et al., 2015; Battacharyya et al., 2015).

759 Para o diâmetro transversal e longitudinal de fruto, não houve diferença significativa, já a
760 massa pode ser observada na Tabela 6. É possível observar que os tratamentos Crop⁺ 2x
761 apresentaram os maiores valores (95,15; 92,50; 89,23 e 93,11), não diferindo entre si,

762 demonstrando que a aplicação do bioestimulante Crop⁺ 2x, obteve valores duas vezes
 763 superiores quando não aplicado tratamento e sob estresse hídrico. O tratamento testemunha
 764 produziu frutos com menor massa média de frutos, diferindo estatisticamente de todos os outros
 765 tratamentos.

766

767 Tabela 6. Valor médios de produção total (g) de frutos de tomate tratado com bioestimulantes, em dois momentos de aplicação
 768 e duas condições hídricas do solo. Santa Maria-RS, 2018.

Bioestimulante	Condição Hídrica 50% CRA		Condição Hídrica 100% CRA	
	Floração	Frutificação	Floração	Frutificação
Sem tratamento	37,30a A	28,01a A	31,69a A	48,24a B
Seed ⁺	65,02b A	68,67b A	66,21b A	66,52b A
Seed ⁺ + Crop ⁺ 1x	78,83b A	78,23c A	69,55b A	67,90b A
Seed ⁺ + Crop ⁺ 2x	72,06b A	65,70b A	67,88b A	68,71b A
Crop ⁺ 1x	72,98b A	83,92c A	83,23c A	72,77b A
Crop ⁺ 2x	95,15c A	92,50c A	89,23c A	93,11c A
Média	70,22	69,51	67,97	69,54
CV (%)	26,17			

769 Médias não seguidas pelas mesmas letras, minúscula na coluna fator Bioestimulante dentro da mesma Condição Hídrica do
 770 Solo/Momento de Aplicação e maiúscula na linha fator Condição Hídrica do Solo dentro do mesmo Bioestimulante/Momento
 771 de Aplicação, diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, em 0,05 de probabilidade de erro. CRA: Capacidade de retenção de
 772 água do solo.

773

774 Os tratamentos não diferiram quanto a época de aplicação dos bioestimulantes, entretanto
 775 pode-se observar, que seu uso, mesmo sob condições de déficit hídrico (50% CRA), manteve-
 776 se igual ou superior aos tratamentos que permaneceram em condições ideais. Assim, conclui-
 777 se que o uso de bioestimulantes foi benéfico, mitigando os danos gerados pelo estresse hídrico,
 778 mantendo assim os índices de produtividade.

779 A produtividade média de frutos de tomate aumentou de forma significativa com o uso dos
 780 bioestimulantes, nas duas condições hídricas do solo (Tabela 6), comparado com o tratamento
 781 controle. Esses resultados podem ser consequência dos efeitos dos bioestimulantes no
 782 rendimento quântico potencial do fotossistema II (Fv/Fm), taxa de transporte de elétrons e

783 atividade das enzimas antioxidantes, os quais aumentaram na presença dos bioestimulantes.
784 Santos et al., (2012) constataram que o uso dos bioestimulantes promoveu a translocação de
785 grande quantidade de assimilados e metabólitos envolvidos no florescimento. Esse dado pode
786 estar relacionado ao uso de macro e micronutrientes, por exemplo o cálcio, o qual contribui
787 com a resistência a quedas e ao abortamento de flores e, conseqüentemente, aumenta o número
788 de frutos produzidos (OLIVEIRA et al., 2001).

789

790

CONCLUSÕES

791 1. Nas condições do presente estudo, a aplicação de bioestimulantes manteve o índice de
792 eficiência quântica potencial do fotossistema II (F_v/F_m) próximo ao normal, mesmo quando
793 submetido ao estresse hídrico.

794 2. A aplicação de bioestimulantes Seed⁺ e Crop⁺ foi eficiente em aumentar a atividade das
795 enzimas SOD e POD e a produtividade do tomateiro, proporcional ao aumento das doses dos
796 bioestimulantes, mesmo na condição ideal de umidade do solo.

797 3. Apesar das plantas possuírem um mecanismo antioxidante próprio, a utilização dos
798 bioestimulantes Seed⁺ e Crop⁺ pode ser uma alternativa para auxiliar na mitigação dos danos
799 causados pelo estresse hídrico.

800

801

LITERATURA CITADA

802 Abogadallah, G. M. Antioxidative defense under salt stress. *Plant Signaling e Behavior*. v. 5,
803 p. 369-374, 2010.

804 Ahmed, M.; Akram, M. N.; Asim, M.; Aslam, M; Hassan, F.; Higgins, S.; Stöckle, C. O.;

805 Hoogenboom, G. Calibration and validation of APSIM-Wheat and CERES-Wheat for spring

806 wheat under rainfed conditions: Models evaluation and application. *Computers and Electronics*
807 *in Agriculture*, v.123, p.384–401, 2016.

808 Alhasnawi, A. N.; Radziah, C. M. Z.; Kadhim, A. A.; Isahak, A.; Mohamad, A.; Yusoff, W.
809 M. W. Enhancement of antioxidant enzymes activities in rice callus by ascorbic acid under
810 salinity stress. *Biologia Plantarum*, v.13, p.1-5, 2015.

811 Alves, R. C.; Medeiros, A. S.; Nicolau, M. C. M.; Oliveira, F. A.; Lima, L. W.; Aroucha, E. M.
812 M.; Gratão, P. L. Influence of partial root-zone saline irrigation management on tomato yield
813 and fruit quality from a potted-plant study. *Horticultura Science*, v.53, p.1326-1331, 2018.

814 Anjum, S. A.; Ashraf, U.; Tanveer, M.; Khan, I.; Hussain, S.; Shahzad B.; Zohaib, A.; Abbas,
815 F.; Saleem, M. F.; Ali, I.; Wang, L. C. Drought induced changes in growth, osmolyte
816 accumulation and antioxidant metabolism of three maize hybrids. *Frontiers in Plant Science*, v.
817 8, p. 1-12, 2017.

818 Battacharyya, D.; Babgohari, M.; Rathor, P.; Prithiviraj, B. Seaweed extracts as bioestimulants
819 in horticulture. *Scientia Horticulturae*. v. 196, p. 39-48, 2015.

820 Calvo, P.; Nelson, L.; Kloepper, J. W. Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant Soil*, v.
821 383, n. 1, p. 3-41, 2014.

822 Chandrasekar, K.; Suresh, S.; Nagamani C., Ramachandrudu, K.; Rajkumar M. K. Gas-
823 exchange characteristics, leaf water potential and chlorophyll a fluorescence in oil palm (*Elaeis*
824 *guineensis* Jacq.) seedlings under water stress and recovery. *Photosynthetica*, v. 48, n. 3, p. 430-
825 436, 2010.

826 Colla, G; Rouphael, Y. Bioestimulants in horticultura. *Scientia Horticulturae*. v. 196, p. 1-2.
827 2015.

828 Deuner, S., Alves, J. D.; Zandrea, I.; Lima, A. A.; Goulart, P. F. P.; Silveira, N. M.; Henrique,
829 P. C.; Mesquita, A. C. Stomatal behavior and components of the antioxidative system in coffee
830 plants under water stress. *Scientia Agricola*, v.55, n.1, p.77-85, 2011.

831 Du Jardin, P. Plant biostimulants: definition, concept, main categories and regulation. *Scientia*
832 *Horticulturae*, 196: 3-14, 2015.

833 Elansary, H. O.; Skalicka-Woźniak, K.; King, I. W. Enhancing stress growth traits as well as
834 phytochemical and antioxidant contents of *Spiraea* and *Pittosporum* under seaweed extract
835 treatments. *Plant Physiology and Biochemistry*, v.105, p.310–320, 2016.

836 Ferreira, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia (UFLA)*,
837 v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

838 Giannopolitis, C. N.; Ries, S. K. Purification and quantitative relationship with water-soluble
839 protein in seedlings. *Journal of Plant Physiology*, v.48, n.59, p.315-318, 1977.

840 IBGE - Instituto Brasileiro De Geografica E Estatística. 2017. Disponível em:
841 <[https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2013-agencia-de-](https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2013-agencia-de-noticias/releases/19474-ibge-preve-safra-de-graos-6-8-menor-em-2018.html)
842 [noticias/releases/19474-ibge-preve-safra-de-graos-6-8-menor-em-2018.html](https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2013-agencia-de-noticias/releases/19474-ibge-preve-safra-de-graos-6-8-menor-em-2018.html)>. Acesso em: 15
843 abr. 2019.

844 Kim, Y. H.; Khan, A. L.; Waqas, M.; Lee, I. J. Silicon regulates antioxidant activities of crop
845 plants under abiotic-induced oxidative stress: a review. *Frontiers Plant Science*, v. 8, p. 510,
846 2017.

847 Kreuzwieser, J.; Rennenberg, H. Molecular and physiological responses of trees to
848 waterlogging stress. *Plant, cell & environment*, v. 37, n. 10, p. 2245-2259, 2014.

849 Loreti, E.; Van, V. H.; Perata, P. Plant responses to flooding stress. *Current opinion in plant*
850 *biology*, v. 33, p. 64-71, 2016.

851 Meloni, D.A.; Oliva, M.A.; Martinez, C.A.; Cambraia, J. Photosynthesis and activity of
852 superoxide dismutase, peroxidase and glutathione reductase in cotton under salt stress.
853 *Environmental and Experimental Botany*, v.49, p.69–76, 2003.

854 Mozdzen, K.; Bojarski, B.; Rut, G.; Migdalek, G.; Repka, P.; Rzepka, A. Effect of drought
855 stress induced by mannitol on physiological parameters of maize (*Zea mays* L.) seedlings and

856 plants. The Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences, Slovak University of
857 Agriculture in Nitra, v.4, n. especial, p.86-91, 2015.

858 Oliveira, F. A. De.; Carmello, Q. A. De C.; Mascarenhas, H. A. C.; Disponibilidade de potássio
859 e suas relações com cálcio e magnésio em soja cultivada em casa-de-vegetação. Scientia
860 Agricola. v. 58, n. 2, p. 329-335, 2001.

861 Santaniello, A.; Scartazza, A.; Gresta, F.; Loreti, E.; Biasone, A.; Di Tommaso, D. *Ascophyllum*
862 *nodosum* seaweed extract alleviates drought stress in *Arabidopsis* by affecting photosynthetic
863 performance and related gene expression. Frontiers in Plant Science, v.8, p.1362, 2017.

864 Santos, C. A. C. Peixoto, C. P., Vieira, E. L., Carvalho, E. V., Peixoto, V. A. B. Ação da
865 interação cinetina, ácido indolbutírico e ácido giberélico no crescimento inicial e florescimento
866 do girassol. Comunicata Scientiae, v. 3, n.4, p. 310-315, 2012.

867 Spann, T. M.; Little, H. A. Applications of a Commercial Extract of the Brown Seaweed
868 *Ascophyllum nodosum* Increases Drought Tolerance in Containergrown ‘Hamlin’ Sweet
869 Orange Nursery Trees. Hortscience, v. 46, n. 4, p. 577-582, 2011.

870 Tian, S. K.; Lu, L. L.; Yang, X. E.; Huang, H. G.; Wang, K.; Brown, P. H. Root adaptations to
871 cadmium-induced oxidative stress contribute to Cd tolerance in the hyperaccumulator *Sedum*
872 *alfredii*. Biologia Plantarum, Praha, v. 56, p. 344–350, 2012.

873 Yasar, F.; Uzal, O.; Yasar, O. Antioxidant enzyme activities and lipid peroxidation amount of
874 pea varieties (*Pisumsativum arvense* L.) under salt stress. Agricultural Sciences, v.5, p.37-42,
875 2016.

876 Wagner, J. F.; Merotto Junior, A. Parâmetros fisiológicos e nutricionais de cultivares de soja
877 resistentes ao glifosato em comparação com cultivares isogênicas próximas. Ciência Rural,
878 v.44, n.4, p.393-399. 2014.

879 Wang, H., Zhang, L., Ma, J., Li, X., Li, Y., Zhang, R., Wang, R. Effects of water stress on
880 reactive oxygen species generation and protection system in rice during grain-filling stage.
881 Agricultural Sciences in China, v. 9, p. 633-641, 2010a.

882 Wang, H.; Xiao, L.; Tong, J.; Liu, F. Foliar Application of Chlorocholine Chloride Improves
883 Leaf Mineral Nutrition, Antioxidant Enzyme Activity, and Tuber Yield of Potato (*Solanum*
884 *tuberosum* L.), Scientia Horticulturae, v.125, p.521-23, 2010b.

885 Zeraik, A.E.; Souza, F.S.; Fatibello-Filho, O. Desenvolvimento de um spot test para o
886 monitoramento da atividade da peroxidase em um procedimento de purificação. Química Nova,
887 v.31, p.731-734, 2008.

888

889

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

890

891

892

893

894

895

896

897

898

899

900

901

902

903

904

905

906

907

908

A prática agrícola objetiva maximizar a eficiência das culturas a fim de garantir excelentes produtividade e qualidade dos produtos, com isso, torna-se cada vez mais importante estudar a morfofisiologia das plantas, e avaliar as suas respostas quando condicionadas a fatores adversos. Isso, resulta em impactos na planta como: taxa fotossintéticas, enzimas detoxificantes e nas estruturas morfológicas (altura de plantas, qualidade de frutos, etc).

Os mecanismos de ação dos bioestimulantes ainda são pouco conhecidos, sendo sua elucidação de extrema importância para a elaboração de estratégias em seu uso, para que favoreçam o aumento da produtividade vegetal. Ressalta-se a necessidade de uma abordagem econômica referente a aplicação de bioestimulantes, demonstrando a sua viabilidade de uso, relacionando com sua eficiência, a fim de otimizar a produção e auxiliar o produtor a melhorar sua renda.

Por fim, a necessidade de pesquisas na atividade enzimática, para ver o comportamento de outras enzimas detoxificantes não realizadas no estudo, como GST, GS e P450, a fim de relacionar o uso de bioestimulantes, em plantas com déficit hídrico, em resposta a fisiologia da planta e, conseqüentemente, a produtividade. Não obstante, realizar outros métodos para avaliar a taxa fotossintética, bem como, a eficiência de uso da água pelas plantas estressadas hidricamente e suprimidas com aplicação de bioestimulante.