



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GOIANO

**PRÓ REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E  
INOVAÇÃO**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM OLERICULTURA**

**USO DE BIOESTIMULANTES E FITORREGULADORES  
NA CULTURA DO MORANGUEIRO**

**José Augusto Borges de Souza**

MORRINHOS - GOIÁS

2023

**José Augusto Borges de Souza**

**USO DE BIOESTIMULANTES E FITORREGULADORES  
NA CULTURA DO MORANGUEIRO**

Orientador: Prof. Dr. Juscimar da Silva

Coorientadora: Dra. Clarice Aparecida Megguer

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM OLERICULTURA, ao Programa de Pós-Graduação em Olericultura do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Morrinhos - Área de Concentração: Olericultura.

MORRINHOS - GOIÁS

2023

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/IF Goiano Campus Morrinhos**

S719u Souza, José Augusto Borges de.  
Uso de bioestimulantes e fitorreguladores na cultura do morangueiro. /  
José Augusto Borges de Souza. – Morrinhos, GO: IF Goiano, 2022.  
40 f. : il. color.

Orientador: Dr. Juscimar da Silva  
Coorientadora: Dra. Clarice Aparecida Megger.  
Dissertação (mestrado) – Instituto Federal Goiano Campus Morrinhos,  
Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional em Olericultura, 2022.

1. Morango. 2. Cultivos agrícolas - Rendimento. 3. Produtividade agrícola. I. Silva, Juscimar da. II. Megger, Clarice Aparecida. III. Instituto Federal Goiano. IV. Título.

CDU 634.75



# TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

## IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese (doutorado)                  | <input type="checkbox"/> Artigo científico              |
| <input checked="" type="checkbox"/> Dissertação (mestrado) | <input type="checkbox"/> Capítulo de livro              |
| <input type="checkbox"/> Monografia (especialização)       | <input type="checkbox"/> Livro                          |
| <input type="checkbox"/> TCC (graduação)                   | <input type="checkbox"/> Trabalho apresentado em evento |

Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

JOSÉ AUGUSTO BORGES DE SOUZA

Matrícula:

20201043304I0034

Título do trabalho:

USO DE BIOESTIMULANTES E FITORREGULADORES NA CULTURA DO MORANGUEIRO

## RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial:  Não  Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano:  /  /

O documento está sujeito a registro de patente?  Sim  Não

O documento pode vir a ser publicado como livro?  Sim  Não

## DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

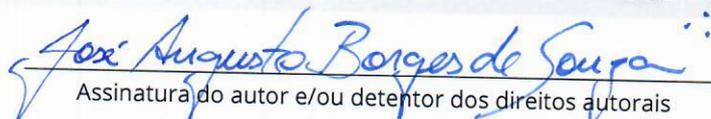
- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

MORRINHOS

Local

/  /

Data

  
Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:

JUSCIMAR DA

SILVA:03572179696

Assinado de forma digital por

JUSCIMAR DA

SILVA:03572179696

Dados: 2023.03.10 16:50:17

-03'00'



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 2/2023 - SGPGPI-MO/GPGPI-MO/CMPMHOS/IFGOIANO

## PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO

### ATA Nº 102

## BANCA EXAMINADORA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Aos dezesseis dias do mês de dezembro do ano de dois mil e vinte e dois, às 10h:00 min (dez horas), reuniram-se os componentes da banca examinadora em sessão aberta realizada por video conferencia (<https://meet.google.com/qym-nqup-qwa>) para procederem a avaliação da defesa de Dissertação, em nível de mestrado, intitulada "BIOESTIMULANTES E FITORREGULADORES APLICADOS À CULTURA DO MORANGUEIRO" de autoria de **JOSÉ AUGUSTO BORGES DE SOUZA**, discente do Programa de Pós-Graduação em Olericultura do Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos. A sessão foi aberta pelo (a) presidente da Banca Examinadora, Prof. Dr. Juscimar da Silva, que fez a apresentação formal dos membros da Banca. A palavra, a seguir, foi concedida ao autor para, em 30 min., proceder à apresentação de seu trabalho. Terminada a apresentação, cada membro da banca fez suas arguições, adotando-se o sistema de diálogo sequencial. Terminada a fase de arguição, procedeu-se a avaliação da defesa. Tendo-se em vista as normas que regulamentam o Programa de Pós-Graduação em Olericultura, e procedidas às correções recomendadas, a Dissertação foi APROVADA, COM RESSALVAS, considerando-se integralmente cumprido este requisito para fins de obtenção do título de **MESTRE EM OLERICULTURA**, na linha de pesquisa em Sistema de Produção em Olerícolas, pelo Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos. A conclusão do curso dar-se-á quando da entrega na secretaria do PPGOL da versão definitiva da Dissertação, com as devidas correções sugeridas pela banca. Assim sendo, a defesa perderá a validade se não cumprida essa condição, em até **60 (sessenta) dias** da sua ocorrência. A Banca Examinadora recomendou a publicação de artigo científico oriundo dessa Dissertação em periódico após procedida as modificações sugeridas. Cumpridas as formalidades da pauta, a presidência da mesa encerrou esta sessão de defesa de Dissertação de Mestrado, e para constar, foi lavrada a presente Ata, que, após lida e achada conforme, será assinada eletronicamente pelos membros da Banca Examinadora.

Membros da Banca Examinadora

Nome	Instituição	Situação no Programa
Prof. Dr. Juscimar da Silva	Embrapa Hortaliça	Presidente

Prof <sup>a</sup> . Dr <sup>a</sup> . Clarice Aparecida Megguer	IF Goiano-Campus Morrinhos	Membro interno
Marcos Brandão Braga	Embrapa Hortaliças	Membro externo

Documento assinado eletronicamente por:

- Marcos Brandão Braga, Marcos Brandão Braga - 203405 - Pesquisador das ciências agrárias - Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças-Cnph- Embrapa (00348003005503), em 23/03/2023 13:44:54.
- Clarice Aparecida Megguer, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 30/01/2023 18:49:11.
- Juscimar da Silva, Juscimar da Silva - Professor Colaborador - Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças-Cnph- Embrapa (00348003005503), em 30/01/2023 16:32:25.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 24/01/2023. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 460359  
Código de Autenticação: 9e5d51cdb0



INSTITUTO FEDERAL GOIANO  
Campus Morrinhos  
Rodovia BR-153, Km 633, Zona Rural, None, None, MORRINHOS / GO, CEP 75650-000  
(64) 3413-7900

## AGRADECIMENTOS

A Deus por tudo nesta vida,

A família em especial minha mãe Jerônima de Sousa Borges, com seu amor incessante, minha namorada Aline Tavares Pires, incentivadora de nossos objetivos.

Ao IF Goiano – Campus Morrinhos, por me conceder essa oportunidade.

Ao professor Dr. Juscimar da Silva, pela humildade associada ao seu vasto conhecimento, sempre esclarecedor e por confiar seu projeto a fim deste trabalho. Juntamente com o Dr. Juscimar, agradeço toda estrutura e equipe da Embrapa Hortaliças do DF, onde o experimento foi conduzido na íntegra.

À professora Dra. Clarice Aparecida Megguer, pelo capricho e paciência ao ensinar técnicas de laboratório. Ao estagiário/estudante de agronomia Phyllipe, pela parceria e acompanhamento constante do experimento. Ao professor Adriano Carvalho Costa, pelas aulas de R-Static.

Agradeço a todos professores do IF Goiano – Campus Morrinhos, como pude aprender! Não deixando de mencioná-los: Dr. Nadson Pontes, Dr. Alexandre Igor de Azevedo Pereira, Dr. Emmerson de Moraes, Dr. Emerson Trogello, Dr. Elliezer de Almeida Melo, Dr. Adelmo Golynski, Dr. Cícero José da Silva, Dr. Túlio de Almeida Machado.

Sem mais, quero agradecer a todos que direta ou indiretamente contribuíram para que tudo isso fosse possível.

## **BIOGRAFIA DO AUTOR**

José Augusto Borges de Souza, filho de Wander de Souza (*In memoriam*) e Jerônima de Sousa Borges nasceu em Goiatuba, Goiás, Brasil, no dia 20 de agosto de 1986. No de 2008 concluiu o curso de Agronomia pelo ILES/ULBRA Itumbiara. Cursos MBA em Gestão Sucroalcooleira (2014), Marketing (2019) e Gestão Escolar (término em 2023) todas pela USP-ESALQ. Mestrando em Olericultura desde 2020, foi colaborador da empresa Goiasa Goiatuba Álcool durante 4 anos (2010 – 2014), empreendedor no ramo de agricultura de precisão durante 8 meses (CEO da AP Brasil, em 2015), empreendedor no ramo imobiliário – construtor (2015-2016), servidor público estadual no ramo da educação, no ITEGO Jerônimo Carlos do Prado em Goiatuba (2017 – 2021) e por fim servidor público municipal, diretor técnico da divisão de planejamento da secretaria municipal de meio ambiente de Goiatuba-GO (SEMMACC) até o presente momento. Em 2020, iniciou no Curso de Mestrado em Olericultura, no IF Goiano – Campus Morrinhos.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO GERAL</b>	7
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b>	9
2.1. Produção de Morango	9
2.2. Uso dos fitorreguladores na cultura	10
2.3. Bioestimulantes	12
<b>3. REFERÊNCIAS</b>	14

## CAPÍTULO I

<b>INTRODUÇÃO</b>	19
<b>MATERIAL E MÉTODOS</b>	21
<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	25
<b>CONCLUSÃO</b>	35
<b>REFERÊNCIAS</b>	36

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO I

- Tabela 1.** Componentes de produção do morangueiro tratado com diferentes biofertilizantes e fitorreguladores. Produtividade (PROD), produção por planta (PROPLA), porcentagem de morangos comerciais (PMCOM), número de morangos totais (NMT), número de morangos comerciais (NMC), peso médio de morangos (PMM), índice de clofila Falker (ICF), teor de clorofila A (CLa), teor de clorofila B (CLb) e relação clorofila A e B (CLa/CLb)..... 27
- Tabela 2.** Qualidade pós-colheita do morangueiro tratado com diferentes biofertilizantes e fitorreguladores. Diâmetro (Diam.), comprimento (Comp.), firmeza (FIRM.), sólidos solúveis (SS), pH, Acidez titulável (AT), relação sólidos solúveis e acidez titulável (SS/AT) e índices de cor a\*, b\*, relação a\*/b\*, C\* e °h..... 33

## **LISTA DE FIGURAS**

### **CAPÍTULO I**

- Figura 1.** Casa de vegetação do campo experimental Embrapa Hortaliças, Gama-DF. 21
- Figura 2.** Cultivo de morangos em slabs dispostos em bancadas suspensas. .... 22
- Figura 3.** Preparo e aplicação de biofertilizantes com efeito bioestimulante e fitorreguladores nos morangueiros. .... 23

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

O morangueiro é considerado uma hortaliça da família *Rosaceae*. Tradicionalmente uma fruta deliciosa popular por seu sabor fresco, e tem seu uso *in natura*, congelado ou processado/industrializado. O cultivo de morango (*Fragaria x ananassa* Duch) no Brasil se concentra nos estados do Rio Grande do Sul, de São Paulo e de Minas Gerais, e vêm se expandindo por outros estados, tendo alcançado a produção de 165 mil toneladas de morango, que corresponde a 33% de toda a produção da América Latina (LOPES *et al.*, 2019). São cultivados anualmente cerca de 4.500 ha, com produção anual de 165.440 toneladas de morangueiro e o Brasil aparece em 17º colocado no ranking dos maiores produtores globais (FAO, 2020).

O cultivo suspenso em ambiente protegido evita o contato da planta e dos frutos com o solo e facilita o controle de pragas, doenças, o manejo da temperatura, nutrição e irrigação. (FREITAS, 2018). Além de facilitar o cultivo de morangos, a produção em ambiente protegido pode viabilizar a produção industrial ao longo de todo o ano (DA ROSA BUENO *et al.*, 2022).

O uso de bioestimulantes é uma ferramenta que pode ser associada ao cultivo suspenso e melhorar ainda mais o sistema produtivo do morango. Os bioestimulantes são produtos que possuem mistura de substâncias e/ou microrganismos que quando aplicados na planta incrementam a eficiência nutricional e a tolerância aos estresses abióticos e melhoram a qualidade da cultura, exercendo impacto direto na produtividade (Du JARDIN, 2015) e na qualidade pós-colheita.

Os bioestimulantes podem possuir em sua formulação compostos com ação hormonal como auxinas, citocininas e giberelinas, visto que os principais meios de comunicação intercelular são os hormônios, mensageiros químicos primários, que carregam a informação entre células e, desta forma, coordenam o seu crescimento e desenvolvimento.

Devido aos avanços tecnológicos do mercado atual, todos os anos são lançados novos produtos com ação bioestimulante e/ou fitoreguladora que, segundo os fabricantes, aumentam significativamente a produtividade das lavouras. Contudo, são poucas as empresas que conduzem pesquisas para elucidar o mecanismo de ação dos produtos do seu portfólio e, ao contrário, ancoram-se em informações de substâncias

similares presentes na literatura. No entanto, deve-se ter em mente que muitos produtos são mistura de princípios ativos ou substâncias com propriedades físico-químicas distintas. Diante disto, fica evidente a importância de estudos mais detalhados sobre os efeitos dos bioestimulantes e fitorreguladores na cultura do morangueiro tanto nos componentes de produção e qualidade do produto, bem como dos seus mecanismos de ação (IZIDÓRIO *et al.*, 2015). Assim, nesta pesquisa, foi evocada a hipótese de que os bioestimulantes potencializam a ação dos fitorreguladores quando aplicados juntos, aumentando a produção e qualidade do morango.

Objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito da combinação de biofertilizantes com efeito bioestimulante e fitorreguladores nos componentes de produção e na qualidade pós-colheita do morangueiro.

Os objetivos específicos foram: avaliar o efeito da aplicação foliar de fitorreguladores, em associação com os biofertilizantes, na produtividade e na qualidade do morango; estudar as possíveis alterações na fisiologia da planta, no que tange ao índice de clorofila Falker (ICF), teor de sólidos solúveis, acidez titulável, coloração e firmeza dos frutos.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Produção de Morango

O morango pertencente à família *Rosaceae* é uma infrutescência do gênero *Fragaria*. As altas taxas respiratórias e as doenças pós-colheita limitam a comercialização em três a sete dias (Henz *et al.*, 2008). Típico de clima temperado, o morangueiro não tolera temperaturas altas, cuja amplitude ideal se encontra entre 15°C e 28°C. A temperatura pode afetar o desenvolvimento vegetativo, produção e qualidade do morango. Portanto temperatura matutina e vespertina amenas e noites frias colaboram com morangos mais deliciosos e de melhor fragrância (LOPES *et al.*, 2019). Os mesmos autores citam que a umidade relativa (UR) do ar ideal é de 60%. UR muito baixa provoca proliferação de ácaros rajados (*Tetranychus urticae*) e UR alta surgem doenças nas folhas e pseudofrutos, além de tornar os morangos sem sabor pelo baixo acúmulo de sólidos solúveis. Em caso de baixa umidade, o manejo de irrigação por aspersão poderá proporcionar nível adequado de sabor e acúmulo de sólidos solúveis (LOPES *et al.*, 2019).

O cultivo de morango no Brasil concentra-se nos estados do Rio Grande do Sul, São Paulo, Minas Gerais e no Distrito Federal, e vêm se expandindo por outros estados, tendo alcançado a produção de 165 mil toneladas, o que corresponde a 33% de toda a produção da América Latina. De acordo com dados atualizados da Embrapa, Incaper-ES, Emater (DF, MG, PR, RS), APTA e Epagri-SC, o país cultiva anualmente cerca de 4.500 hectares de morangueiro (ANTUNES *et al.*, 2019). Assim, o Brasil aparece em décimo sétimo colocado no ranking dos maiores produtores mundiais (FAO, 2019). De acordo com a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura Entre – FAO, entre os anos de 2008 e 2018, a produção global de morango aumentou 39,4% (FAO, 2018). Em 2015, as vendas brasileiras de exportações de morango totalizaram US\$ 272 milhões (ANTUNES *et al.*, 2017). Os morangos frescos representam 80% da produção mundial, enquanto o restante é destinado ao processamento industrial para a preparação de iogurtes, geleias e vinho (PAPAROZZI *et al.*, 2018). Considerando esse aspecto, o morango é um dos pseudofrutos mais estudados por seus impactos comerciais, industriais e econômicos (NUNES, 2021). A região de Brazlândia, localizado no Distrito Federal, é considerada a capital regional do morango, com cerca de 180 ha plantados anualmente e

150 produtores, a maioria de economia familiar (LOPES *et al.*, 2019). O Distrito Federal reúne condições ambientais favoráveis à produção de morangos, resultante da altitude próximo de 1.000 m e de inverno seco com temperaturas amenas, tais características proporcionam floração e frutificação com qualidade.

Para a escolha da cultivar é importante considerar a preferência do consumidor sobre a firmeza, o aroma e sabor do fruto, bem como a distância do ponto de comercialização e o comportamento da cultivar em relação ao fotoperíodo que irá determinar a época de plantio. Dentre as várias cultivares, a denominada Portola, de dia neutro, adaptou-se bem ao clima do Distrito Federal e possui alto potencial produtivo, pseudofrutos possuem coloração vermelho rosado, macios e de sabor ácido (LOPES *et al.*, 2019). De acordo com Antunes *et al.* (2011), para implantação do cultivo, é necessário adquirir mudas certificadas de boa qualidade e que sejam isentas de pragas e doenças que resultou em produção homogênea e com qualidade. Todavia, o morangueiro é muito exigente as características físicas e químicas do solo, de acordo com Filgueira (2008) e Lopes (2019); e têm aptidão por solos de textura média, com alta fertilidade e alto teor de matéria orgânica (entre 3,5 e 4%), com pH adequado entre 5,8 a 6,3 e condutividade elétrica (CE) de 1,0 ds/m. Por apresentar grande exigência nutricional, dificuldades de realizar rotações de culturas adequadas e o difícil controle de pragas, torna a busca por alternativas de cultivos mais seguros e com menor custo, a solução para a produção de morangos em ambiente protegido.

## **2.2. Uso dos fitorreguladores na cultura**

As características de qualidade comuns de morangos para aceitação são aparência com cor vermelha brilhante uniforme, tamanho e forma, firmeza e sabor (GUNESS *et al.*, 2009). Os açúcares frutose, glicose e sacarose, ácidos orgânicos e compostos fenólicos dão ao morango seu sabor característico, mais de 360 compostos voláteis distinguem seu aroma. Ulrich *et al.* (2004), Guness *et al.* (2009) destacam que as medidas instrumentais de qualidade do morango mais relatadas na literatura são cor, firmeza, porcentagem de suco, voláteis, açúcares e ácidos.

O ácido giberélico (GA<sub>3</sub>) é um fitorregulador que atua como regulador de crescimento, amplamente utilizado em formulações agrícolas. A ação biológica das giberelinas varia de acordo com sua aplicação, podem modificar a dormência de sementes; catalisar o crescimento caulinar; induzir a floração; ampliar o teor de açúcar da cana-de-açúcar, entre outras (GUPTA & CHAKRABARTY, 2013).

As GAs afetam a planta de forma completamente sistêmica e, uma vez aplicadas numa determinada parte da planta são carreadas de forma direcionada a regiões de influência regulatória. As GAs constituem importante grupo de fitorreguladores da família de ácidos diterpenoides exercendo diversas funções sobre o crescimento e desenvolvimento de plantas, como: germinação, expansão das folhas, desenvolvimento das flores e estímulo à atividade de transferência do sistema vascular, causando maior formação de xilema e floema em plantas lenhosas. Essas propriedades, tornaram as GAs elementares à agricultura moderna (SILVA, 2019).

Os reguladores vegetais, além de promover precocidade ou atraso no florescimento e maturação dos morangos, têm sido principalmente utilizados para obter aumento no tamanho e na quantidade colhida dos pseudofrutos do morangueiro. Essas substâncias químicas são eficientes quando aplicadas em pequenas doses, favorecendo o desempenho de processos vitais da planta, possibilitando maiores e melhores colheitas, mesmo em condições ambientais adversas (PRESENTE *et al.*, 2013).

Aplicação foliar de ácido giberélico no morangueiro, com concentração de 50 mg L<sup>-1</sup>, aumentou a produção e o rendimento dos morangos em comparação com a agricultura tradicional (PAROUSSI *et al.*, 2002). Considerando o fato acima, Jamal Uddin *et al.* (2012) realizaram testes com três concentrações diferentes de ácido giberélico para definir as concentrações que resultariam no melhor rendimento e qualidade do morango. Também foram observados atributos vegetativos, como altura da planta, aumento da área foliar; e atributos reprodutivos como floração, frutificação, tamanho do fruto, rendimento total e percentual do brix. A aplicação foliar com 75 mg L<sup>-1</sup> de GA<sub>3</sub>, demonstrou melhor desempenho no crescimento e rendimento dos pseudofrutos de morango; também se observou maior teor de sólidos solúveis destes.

O ácido salicílico, devido suas características como sinalizador induzem as plantas a respostas de defesa contra predadores ou infecções. Podendo ser uma alternativa aos produtores de morango na busca pela produção de alimentos saudáveis. A aplicação de ácido salicílico no morangueiro variedade Milsei-Tudla, promoveu aumento nos teores de clorofila das folhas e alterações físico-químicas nos pseudofrutos. Trevisan *et al.* (2017) considerou uma alternativa de bom potencial, métodos de controle com ácido salicílico em perdas pós-colheita; pois este fitorreguladores é uma molécula fundamental para melhorar a resistência nas plantas, em relação a estresses abióticos e bióticos.

Em um experimento em casa de vegetação, a concentração de sólidos solúveis teve incremento máximo de 13,12 % e 48,17 % nos pseudofrutos de morango que

receberam 25 mg L<sup>-1</sup> de ácido húmico e 2 mM de ácido salicílico, respectivamente, aplicados individualmente em comparação com plantas não tratadas (AGHAEIFARD *et al.*, 2016).

### 2.3. Bioestimulantes

Os bioestimulantes são definidos como substâncias sintéticas, naturais ou de microrganismos que quando colocados em contato com a superfície foliar, sementes e solos, incentivam a absorção e eficiência dos nutrientes e, resultando em aumentos na produtividade (SILVA *et al.*, 2019). Além de colaborar com o potencial genético dos vegetais no tocante a mudanças nos processos estruturais e vitais, impulsiona o equilíbrio hormonal e contribui para o desenvolvimento do sistema radicular (SILVA *et al.*, 2008).

Rodrigues *et al.* (2020) abordou sobre a origem dos bioestimulantes vegetais, sendo bastante diversificada obtidos de diferentes fontes orgânicas, como a fermentação microbiana de matérias-primas animais ou vegetais, substâncias húmicas, extratos de algas, hidrolisados de proteínas, resíduos industriais, fungos benéficos e rizobactérias que promovem o crescimento das plantas. Outras substâncias, principalmente sintéticas e não extraídas de fontes biológicas orgânicas, podem ter propriedades estimulantes, mas ainda não são considerados bioestimulantes de plantas. Produtos comerciais enquadrados como bioestimulantes vegetais são geralmente inoculantes microbianos, ácidos húmicos (AH), ácidos fúlvicos (AF), hidrolisados de proteínas (HP), aminoácidos (AA) e extratos de algas.

Albrecht *et al.* (2012) descreve o regulador vegetal Stimulate<sup>®</sup> como um biorregulador líquido, apresentando em sua composição os seguintes elementos e suas respectivas concentrações: cinetina (citocinina) 0,009%, ácido giberélico (giberelina) 0,005% e ácido indolbútilico (auxina) 0,005%. Vieira & Castro (2002), constataram que o Stimulate<sup>®</sup> promove o desenvolvimento vegetal, além de possibilitar aumento na absorção de água e nutrientes pelas plantas, assim como favorecer o equilíbrio hormonal da planta estimulando a produção de uma cultura.

O regulador vegetal Stimulate<sup>®</sup> foi efetiva na produção do morangueiro aplicado quinzenalmente em diferentes concentrações. As dosagens 0,5; 1,0 e 1,5 mL, além de elevar a produção por planta, manteve a mesma qualidade dos pseudofrutos produzidos, em função do alongamento celular, promovido pela ação sinérgica da mistura comercial do regulador vegetal Stimulate<sup>®</sup>, sem elevar a quantidade de pseudofrutos defeituosos (PRESENTE *et al.*, 2013).

Aghaeifard *et al.* (2015) mostraram que a produtividade, acidez titulável, cor e os teores solúveis totais e vitamina C em morangos da cultivar Camarosa aumentaram com a aplicação foliar de ácido húmico (HA). Houve também aumento no conteúdo foliar de K, P, Ca e Mg. Por outro lado, os pseudofrutos de plantas não tratadas apresentaram maior capacidade antioxidante total e maior proporção entre sólidos solúveis e acidez. Neste mesmo trabalho observou-se que a cultivar quando pulverizada com ácido salicílico (AS) apresentou maior produtividade, vitamina C, açúcares solúveis totais, acidez total, capacidade antioxidante total, maior conteúdo foliar de P e Ca e melhorou a cor vermelha dos pseudofrutos. No geral, as melhores doses que resultaram em desempenhos superiores foram 25mg/L de ácido húmico e 2 mM de ácido salicílico.

Os principais estudos de Khan *et al.* (2012) citado por Rodrigues *et al.* (2020) sugerem que os bioestimulantes hidrolisado de proteína de alfafa, vitaminas do grupo B, quitosana e silício podem ser eficazes para estimular o crescimento vegetativo, produção final de pseudofrutos e capaz de melhorar a qualidade do morango nos aspectos comerciais (firmeza e cor externa) e nutricional (compostos fenólicos).

Silva *et al.* (2012) trabalhou com o uso da quitosana, em doses diferentes, na produção orgânica de morango e concluiu que a aplicação de 2% de quitosana em plantas de morangueiro da cultivar Diamante, resultou em maior diâmetro médio de frutos e da produtividade.

### 3. REFERÊNCIAS

- ALBRECHT, L. P.; BRACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A.; ÁVILA, M. R.; ALBRECHT, A. J. P. Biorregulador na composição química e na produtividade de grãos de soja. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 4, p. 774-782, 2012.
- AGHAEIFARD, F; BABALAR M; FALLAHI, E; AHMADI, A. Influence of humic acid and salicylic acid on yield, fruit quality, and leaf mineral elements of strawberry (*Fragaria* × *Ananassa* Duch.) cv. *Camarosa*. *Journal of Plant Nutrition*, v. 39, n. 13, p.1821-1829, 2016.
- ANTUNES, L. E. C.; FAGHERAZZI, A. F.; VIGNOLO, G. K. **Morango tem produção crescente**. Embrapa Clima Temperado-Artigo em periódico indexado (ALICE), 2017.
- ANTUNES, L. E. C.; CARVALHO, G. L.; SANTOS, A. M. **A cultura do morango**. 2. ed. Brasília-DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2011.
- ANTUNES, L. E. C.; REISSER JUNIOR, C.; VIGNOLO, G. K.; GONÇALVES, M. A. MORANGO – Qualidade Dita o Preço. **Campo & Lavoura**, Anuário HF, v. 1, p. 93-98, 2019.
- CASTRO, P. R. C.; VIEIRA, E. L. **Aplicações de reguladores vegetais na agricultura tropical**. Guaíba, BR: Editora Agropecuária, 2001.
- DA ROSA BUENO, T.; BEZ, F. S.; RIGHI, E.; ANTUNES, L. E. G.; DRAWANZ, B. B. Proposta de modelo de estufa tipo túnel baixo para o cultivo de morangos semi-hidropônicos em pequenas áreas. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 16, p. e58111637567-e58111637567, 2022.
- FAO (Food and agriculture organization of the United nations) (2018) **Strawberry Stats 2008-2018**: FAOSTATS. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>. Acesso: 20 de jun. de 2020.
- FAO (Food and agriculture organization of the United nations) (2019) **Strawberries: Value of Agricultural Production (Production)**. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#search/Strawberries>. Acesso: 27 out. de 2022.
- FILGUEIRA, F. A. R. **Novo Manual de Olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**, 3ª edição. Viçosa. UFV, 2008.
- FREITAS, C. A. Sabor e lucro sobre a bancada. **Agropecuária Catarinense**, v. 31, n. 2, p. 21-27, 2018.
- GUPTA, R.; CHAKRABARTY, S. K. Gibberellic acid in plant: still a mystery unresolved. **Plant signaling & behavior**, v. 8, n. 9, p. e25504, 2013.

HENZ, G. P.; REIS, A.; SILVA, K. C. C. & PEREIRA, S. F. **Incidência de doenças de pós-colheita em frutos de morango produzidos no Distrito Federal**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 45, 2008.

IZIDÓRIO, T. H. C.; LIMA, S. F.; VENDRUSCOLO, E. P.; AVILA, J.; ALVAREZ, R. C. F. Bioestimulante via foliar em alface após o transplante das mudas. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 2, n. 2, p. 49-56, 2015.

JAMAL UDDIN, A. F. M.; HOSSAN, M. J.; ISLAM, M. S.; AHSAN, M. K. & MEHRAJ, H. Strawberry growth and yield responses to gibberellic acid concentrations. **Journal of Experimental Biosciences**, v. 3, n. 2, p.51-56, 2012.

KHAN, A. S.; AHMAD, B.; JASKANI, M. & MALIK, A. U. Foliar application of mixture of amino acids and seaweed (*Ascophylum nodosum*) extract improve growth and physicochemical properties of grapes. **Jornal Internacional de Agricultura e Biologia**, v. 14, n. 3, p. 383-388, 2012.

LOPES, H. R. D.; SILVA, B. C.; NASCIMENTO, E. F.; RAMOS, L. X.; PEREIRA, M. & CARNEIRO, R. G. **A cultura do morangueiro no Distrito Federal**. 2. ed. Brasília, DF: EMATER. 76p., 2019

NUNES, G.; TEIXEIRA, F.; SCHWARZ, K.; KOPANSKI, C. C.; RESENDE, J. T. V.; SANTOS, E. F.; FRANCO, B. C. & NOVELLO, D. Influence of genetic variability on the quality of strawberry cultivars: sensorial, physical-chemical and nutritional characterization. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 43, e46862, 2021.

PAPAROZZI, E. T.; MEYER, G. E.; SCHLEGEL, V.; BLANKENSHIP, E. E.; ADAMS, S. A.; CONLEY, M. E.; LOSEKE, B. & LEIA, P. E. Strawberry cultivars vary in productivity, sugars and phytonutrient content when grown in a greenhouse during the winter. **Scientia Horticulturae**, v. 227, p. 1-9, 2018.

PAROUSSI, G.; VOYIATZIS, D. G.; PAROUSSIS, E. & DROGOUDI, P. D. Growth, flowering and yield responses to GA<sub>3</sub> of strawberry grown under different environmental conditions. **Scientia Horticulturae**, v. 96, n. 1-4, p. 103-113, 2002.

PRESENTE, P. J.; ROCHA, A. C. V.; OLIVEIRA, H. G. N.; SILVA, E. S.; FELISBINO, D. S. & DOMINGUES, M. C. S. Produção de pseudofrutos de morangueiro (*Fragaria ananassa* var. *Oso grande*) com a aplicação de reguladores vegetais, **Revista Eletrônica Thesis**, v. 10, n. 20, p. 93-107, 2013.

RODRIGUES, M.; BAPTISTELLA, J. L. C.; HORZ, D. C.; BORTOLATO, L. M. & MAZZAFERA, P. Organic plant biostimulants and fruit quality - A review. **Agronomy**, v. 10, n. 7, 988 p., 2020.

- SILVA, D. B.; BOBATO, T. R.; BETTONI, M. M.; FABBRIN, E. G. DOS & MÓGOR, A. F. Uso de quitosana na produção de morangueiro orgânico. **Horticultura Brasileira**, v. 30, S2816-S2820, 2012.
- SILVA, T. T. A.; PINHO, É. V. R. V.; CARDOSO, D. L.; FERREIRA, C. A.; ALVIM, P. O. & COSTA, A. A. F. Qualidade fisiológica de sementes de milho na presença de bioestimulantes. **Ciência e agrotecnologia**, v. 32, n. 3, p. 840-844, 2008.
- SILVA, L. R. I. **Produção de ácido giberélico por fermentação em estado sólido a partir de resíduo agroindustrial**. Dissertação (mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Florianópolis, 73 p., 2019.
- TREVISAN, F.; LIMA, C. S. M.; LIZ, K. M.; PINTO, V. Z. & BONOME, L. T. S. Ácido Salicílico no desenvolvimento de plantas e nas características físico-químicas de frutas de morango “Milsei-Tudla”. **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**, v. 18, n. 2, 2017.
- ULRICH, D.; HOBERG, E. & OLBRICHT, K. **Flavour control in strawberry breeding by sensory and instrumental methods**. In: V International Strawberry Symposium 708. p. 579-584, 2004.
- VIEIRA, E. L. & CASTRO, P. R. C. **Ação de stimulate no desenvolvimento inicial do sistema radicular de plantas de algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.) em condições de rizotron**. Informativo ABRATES. Londrina: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 2001.

## CAPÍTULO I

### Desenvolvimento, qualidade e produtividade de pseudofrutos de morango em reposta à fitorreguladores e bioestimulantes

(Normas de acordo com a revista Ceres UFV)

#### RESUMO

O uso de bioestimulantes na agricultura vem se destacando ao longo dos anos e com isto novas tecnologias são pesquisadas para redução de custos de produção, aliados ao aumento de produtividade e da qualidade do produto. O uso individualmente ou combinados à fitorreguladores pode ser também uma prática de manejo para aumentar a produtividade e a qualidade dos morangos. Nessa perspectiva este trabalho avaliou o efeito da combinação de bioestimulantes e fitorreguladores com ação hormonal nos coeficientes de produção e na qualidade pós-colheita do morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch) cv. Portola, cultivado em ambiente protegido sem solo, utilizando substrato inerte e nutrientes fornecidos a partir de solução nutritiva. O experimento foi conduzido em delineamento experimental de blocos ao acaso, 3 blocos, 12 repetições e 10 tratamentos relacionados a aplicação de bioestimulantes sem e com a associação de fitorreguladores, sendo: T1 (controle, sem bioestimulante e/ou fitorreguladores), T2 (Arbolina<sup>®</sup>: 80 mg/L – 60 g/ha ), T3 (Arbolina<sup>®</sup>: 80 mg/L + GA<sub>3</sub> 50 mg/L), T4 (Arbolina<sup>®</sup>: 80 mg/L + AS - 1,0 mM + CaCl<sub>2</sub> – 0,4%), T5 (Arbolina<sup>®</sup>: 80 mg/L + GA<sub>3</sub> – 50 mg/L + AS – 1,0 mM + CaCl<sub>2</sub> – 0,4%), T6 (GA<sub>3</sub> 50 mg/L), T7 (AS – 1,0 mM + CaCl<sub>2</sub> – 0,4%), T8 (Arbolina<sup>®</sup> 80 mg/L + GA<sub>3</sub> 100 mg/L), T9 (GA<sub>3</sub> 100 mg/L), T10 (Produto comercial). Ao longo do experimento foram avaliados os componentes de produção e a qualidade do morango. Nas folhas foram realizadas análises do teor de clorofila a e b. Os resultados foram avaliados estatisticamente por meio da análise de variância e testes de médias LSD a 5% com auxílio do software R statistic. As plantas tratadas com o biofertilizante Arbolina<sup>®</sup> na dose de 80 mg/L e o produto Stimulate<sup>®</sup> tiveram maiores índices relacionados aos componentes de produção (NMT: 95,67, PMM: 14,65). A presença combinada dos fitorreguladores com Arbolina<sup>®</sup> minimizou a redução na quantidade de pseudofrutos comerciais, além, de ter pseudofrutos com maiores valores da relação SS/AT (6,39, 12,96, 7,85, 6,81, 14,07) e maior diâmetro (32,28, 33,11, 34,54, 31,11, 33,39) com destaque para a combinação (Arbolina<sup>®</sup>: 80 mg/L + GA<sub>3</sub> 50 mg/L + AS 1 mM + CaCl<sub>2</sub> 0,4%). O efeito positivo da aplicação do GA<sub>3</sub> na produtividade do morangueiro não foi observado. Os valores mais elevados de firmeza foram obtidos nas plantas que receberam GA<sub>3</sub>, sendo que a Arbolina<sup>®</sup> potencializou o efeito do GA<sub>3</sub> quando aplicada na concentração de 50 mg L<sup>-1</sup> (Arbolina<sup>®</sup>: 80 mg/L + GA<sub>3</sub> 50 mg/L).

**Palavras-chave:** Fitorreguladores, bioestimulante, biofertilizante, sistema de produção, produção sem solo, AS, Arbolina<sup>®</sup>, GA<sub>3</sub>.

## Development, quality and productivity of strawberry pseudofruits in response to phytohormones and biostimulants

### ABSTRACT

The use of biostimulants in agriculture has been highlighted over the years and with these, new technologies are researched to reduce production costs, combined with increased productivity and product quality. The use individually or combined with phytohormones can also be a management practice to increase the strawberries productivity and quality. In this perspective, this work evaluated the combination effect of biostimulants and phytohormones with hormonal action on production coefficients and postharvest quality of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch) cv. Portola, cultivated in a protected environment without soil, using an inert substrate and nutrients supplied from a nutrient solution. The experiment was carried out in a randomized block experimental design, 3 blocks, 12 repetitions and 10 treatments related to the application of biostimulants with and without the association of phytohormones, being: T1 (control, without biostimulant and/or phytohormones), T2 (Arbolina®: 80 mg/L – 60 g/ha ), T3 (Arbolina®: 80 mg/L + GA<sub>3</sub> 50 mg/L), T4 (Arbolina®: 80 mg/L + AS - 1.0 mM + CaCl<sub>2</sub> – 0.4%), T5 (Arbolina®: 80 mg/L + GA<sub>3</sub> – 50 mg/L + AS – 1.0 mM + CaCl<sub>2</sub> – 0.4%), T6 (GA<sub>3</sub> 50 mg/L), T7 (AS – 1.0 mM + CaCl<sub>2</sub> – 0.4%), T8 (Arbolina® 80 mg/L + GA<sub>3</sub> 100 mg/L), T9 (GA<sub>3</sub> 100 mg/L), T10 (Commercial product). Throughout the experiment, production components and strawberry quality were evaluated. Analyses of chlorophyll a and b content were carried out in the leaves. The results were statistically evaluated through analysis of variance and tests of 5% LSD means with the aid of the R statistic software. Plants treated with the biofertilizer Arbolina® at a dose of 80 mg/L and the product Stimulate® had higher indexes related to production components (NMT: 95.67, PMM: 14.65). The combined presence of phytohormones with Arbolina® minimized the reduction in the amount of commercial pseudofruits, in addition to having pseudofruits with higher SS/AT ratio values (6.39, 12.96, 7.85, 6.81, 14.07) and larger diameter (32.28, 33.11, 34.54, 31.11, 33.39) with emphasis on the combination (Arbolina®: 80 mg/L + GA<sub>3</sub> 50 mg/L + AS 1 mM + CaCl<sub>2</sub> 0.4%). The positive effect of GA<sub>3</sub> application on strawberry productivity was not observed. The highest values of firmness were obtained in plants that received GA<sub>3</sub>, and Arbolina® potentiated the GA<sub>3</sub> effect when applied at a concentration of 50 mg L<sup>-1</sup> (Arbolina®: 80 mg/L + GA<sub>3</sub> 50 mg/L).

Keywords: Phytohormones, biostimulant, biofertilizer, production system, soilless production, AS, Arbolina®, GA<sub>3</sub>.

## INTRODUÇÃO

No ranking de produção mundial de morangos, está em primeiro lugar a China com produção de 3.221.557 t e área 126.126 ha, segundo Polônia (185.400 t, 49.900 ha) e terceiro Rússia (208.880 t, 31.122 ha), e 17º Brasil (165.440 t, 4.500 ha) (FAO, 2019). Os estados que mais produzem morango no Brasil são: Minas Gerais (2.800 ha, 43 t/ha), Paraná (650 ha, 33 t/ha), Rio Grande do Sul (552 ha, 48 ton/ha), São Paulo (425 ha, 13.801 t/ha), Espírito Santo (292 ha, 16.000 t/ha) (Antunes *et al.*, 2021).

O consumidor brasileiro vem se preocupando cada vez mais com a qualidade dos alimentos que consome, aumentando a busca e oferta por novas tecnologias para a cadeia produtiva. Para suprir os requisitos e demandas do mercado, o cultivo de hortaliças foi impulsionado, melhorando as práticas de manejo a fim de conservar a qualidade do produto (Trento *et al.*, 2011).

Para melhorar a produção sustentável na horticultura, novas estratégias têm sido desenvolvidas, como fitorreguladores e bioestimulantes. Os fitorreguladores são compostos de moléculas pequenas de ocorrência natural que desempenham papéis importantes em todas as fases do processo fisiológico e de desenvolvimento da planta e na resposta de defesa ao estresse (Azizpour *et al.*, 2010; Davies, 2010; Du *et al.*, 2012; Li *et al.*, 2017). O fitorregulador ácido giberélico ( $GA_3$ ) promove alongamento celular, divisão celular, afeta positivamente a frutificação, aumenta o tamanho do fruto, a produtividade total e qualidade (Kumar *et al.*, 2022). A aplicação prolongada de ácido húmico teve efeito positivo em morangos (cv Onda) reduzindo o número de pseudofrutos deformados e podres, e aumentando o teor de sólidos solúveis (Neri *et al.*, 2002). O ácido salicílico (AS) estimula a floração em várias plantas, aumenta a vida das flores, controla a absorção de íons pelas raízes, condutividade estomática (Bhupinder & Usha, 2003) e

induzem as plantas a respostas de defesa contra predadores ou infecções (Trevisan *et al.*, 2017).

O uso de bioestimulantes promove a qualidade do fruto, eficiência no uso de nutrientes e tolerância ao estresse abiótico (Colla *et al.*, 2015; Rouphael & Colla, 2020). O Stimulate<sup>®</sup> é composto por cinetina (citocinina) 0,009%, ácido giberélico (giberelina) 0,005% e ácido indolbutírico (AIA) 0,005% (Albrecht *et al.*, 2012) e o seu uso favorece o desenvolvimento vegetal, e também aumenta a absorção de água e nutrientes pelas plantas, e também propicia o equilíbrio hormonal da planta estimulando a produção de uma cultura (Vieira & Castro, 2002). A Arbolina<sup>®</sup> é uma nanopartícula de carbono constituída basicamente por 70% de carbono orgânico e atua como proteína de transporte na membrana plasmática das plantas (CFQ, 2021).

Os bioestimulantes aumentam a eficácia do uso de nutrientes e novas obtenções de nutrientes pelas plantas, incluindo bioestimulantes microbianos (fungos micorrízicos e não micorrízicos) endossimbiontes bacterianos como *Rhizobium* e Rhizobacteria que promove o crescimento da planta, sendo assim, os microrganismos aplicados têm função de autocontrole (Jardin *et al.*, 2015). Sendo uns dos nutrientes que os bioestimulantes auxilia, é cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) que atua como mensageiro secundário em muitas cascatas de sinalização, incluindo sinalização de defesa (Sun, 2009). Aplicação de carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) estimula o crescimento das raízes e o início precoce da floração em culturas agrônômicas e vegetais (Yaseen *et al.*, 2006). Além da eficácia do uso de nutrientes, o morangueiro necessita estar em equilíbrio hormonal para que seu processo de crescimento e desenvolvimento não seja prejudicado.

Têm sido reportados na literatura que o uso de fitorreguladores, seja individualmente ou em conjunto ou com outras substâncias tem proporcionado ganhos de produtividade melhorado a qualidade do morango. O estudo desse efeito sinérgico ou

potencializador ainda é incipiente em especial com produtos bioestimulantes, em especial com nanotecnologia embarcada. A Arbolina<sup>®</sup> é um biofertilizante nanotecnológico, com efeito estimulante do crescimento vegetal, e cargas de superfície que podem atuar como carreadora de fitorreguladores. Assim, neste estudo foi evocada a hipótese de que a Arbolina potencializa o efeito dos fitorreguladores, aumentando a produtividade e a qualidade do morango. O objetivo do trabalho foi avaliar o uso de bioestimulantes e fitorreguladores na produtividade e na qualidade do morangueiro cv. Portola.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação (Figura 1) com cobertura de vidro e tela antiafídeo nas laterais, no campo experimental da Embrapa Hortaliças, Gama, DF, latitude de 15°55'44" S e longitude 48°08'35" W, com 1.000 m de altitude. O plantio ocorreu entre os meses de junho a dezembro de 2020. O sistema adotado foi o cultivo sem solo, em 'slabs' comerciais, preenchidos com substrato inerte composto por casca de pinus e vermiculita. Os slabs ficaram dispostos em bancadas suspensas (Figura 2) com altura de 1,0 m do solo, e o espaço entre as bancadas permitia a realização de tratos culturais e colheita dos morangos.



**Figura 1.** Casa de vegetação do campo experimental Embrapa Hortaliças, Gama-DF.



**Figura 2.** Cultivo de morangos em slabs dispostos em bancadas suspensas.

O delineamento experimental adotado foi em blocos ao acaso, com 3 blocos, contendo 10 tratamentos cada, perfazendo o total de 12 plantas por tratamento e um estande de 35 mil plantas por hectare. Os tratamentos constaram da aplicação biofertilizantes com efeito bioestimulante e, ou, fitorreguladores, individualmente ou em associação, em diferentes concentrações, conforme listado a seguir: T1 (controle, sem bioestimulante e/ou fitorreguladores), T2 (Arbolina<sup>®</sup>: 80 mg/L – 60 g/ha), T3 (Arbolina<sup>®</sup>: 80 mg/L + GA<sub>3</sub> (ácido giberélico) 50 mg/L), T4 (Arbolina<sup>®</sup>: 80 mg/L + AS – 1,0 mM + CaCl<sub>2</sub> (cloreto de cálcio) – 0,4%), T5 (Arbolina<sup>®</sup>: 80 mg/L + GA<sub>3</sub> – 50 mg/L + AS (ácido salicílico) – 1,0 mM + CaCl<sub>2</sub> – 0,4%), T6 (GA<sub>3</sub> 50 mg/L), T7 (AS – 1,0 mM + CaCl<sub>2</sub> – 0,4%), T8 (Arbolina<sup>®</sup> 80 mg/L + GA<sub>3</sub> 100 mg/L), T9 (GA<sub>3</sub> 100 mg/L), T10 (Stimulate<sup>®</sup> 0,05 g/L GA<sub>3</sub>/1 mL/L).



**Figura 3.** Preparo e aplicação dos tratamentos nos morangueiros cv. Portola. Embrapa Hortaliças (2020).

Os tratamentos foram aplicados em diferentes épocas, sendo o primeiro aos 15 dias após o plantio das mudas, na floração (junho), produção (agosto) e incremento (outubro). As aplicações ocorreram via foliar, diretamente na parte aérea da planta, utilizando pulverizador manual, com capacidade de 2 L.

Aos 9 dias após a imposição dos tratamentos e a cada 8 dias, os morangos eram colhidos e avaliados quanto o tamanho dos pseudofrutos, sendo estes medidos por meio do comprimento e diâmetro médio, obtidos com o auxílio de um paquímetro digital (Mitutoyo), expressos em milímetros (mm).

As plantas permaneceram dispostas a 0,2 m de distância, com um gotejador por planta com a vazão de saída 2 L/h. As fertirrigações foram controladas por meio de programador automático, sendo fornecida diariamente às plantas a solução nutritiva

(crescimento vegetativo: 7330; 1290; 2970; 1900; 1130 e 1130  $\mu\text{mol.L}^{-1}$  de N, P, K, Ca, Mg e S, 32; 10; 30; 3,1; 1,3 e 0,17  $\mu\text{mol.L}^{-1}$  de Fe, Mn, B, Zn, Cu e M; fase de frutificação: 6740; 1290; 3600; 1900; 1130 e 1130  $\mu\text{mol.L}^{-1}$  de N, P, K, Ca, Mg e S, e 32; 10; 48; 3,1; 1,3 e 0,17  $\mu\text{mol.L}^{-1}$  de Fe, Mn, B, Zn, Cu e Mo) recomendada por Fernandes *et al.* (2002).

Os tratos culturais foram realizados semanalmente e utilizou-se preventivamente o controle biológico por meio da aplicação de inimigos naturais para controle de ácaros (ácaros predadores - *Neoseiulus californicus* - Acari: Phytoseiidae) e demais pragas com fungo *Beauveria bassiana*. Abelhas jataí (*Tetragonisca angustula*) foram utilizadas para aumentar a eficiência de polinização das flores. Visando auxiliar no controle da população de ácaros, utilizou também sistema de aspersão (três vezes ao dia entre as 11 às 18 horas) para aumentar a umidade relativa dentro da casa de vegetação.

Para as avaliações quantitativas das 120 plantas, foram colhidos os pseudofrutos semanalmente e avaliados o número de morangos totais (NMT), número de morangos comerciais (NMC) e pseudofrutos defeituosos. Os tamanhos dos pseudofrutos foram avaliados, medidos por meio do comprimento e diâmetro médio, obtidos com o auxílio de um paquímetro digital (Mitutoyo), expressos em milímetros (mm). A massa média foi obtida por meio da pesagem dos pseudofrutos em balança semianalítica (Acculab VIC 303).

As avaliações pós-colheita foram realizadas em duas épocas no laboratório de pós-colheita da Embrapa Hortaliças, de acordo com a metodologia proposta por Gunness *et al.* (2009). A acidez total titulável e o teor de sólidos solúveis foram obtidas em purês de meia fruta (Gunness *et al.*, 2009). Acidez titulável foi determinada por método potenciométrico utilizando NaOH 0,2 Mol L<sup>-1</sup> para elevar o pH da polpa até pH 8,2, utilizando um medidor de pH digital marca Metrohm modelo 780, sendo utilizados 10 mL da amostra (suco) e 90 mL de água destilada, e os resultados expressos em

porcentagem de ácido cítrico. O teor de sólidos solúveis foi determinado através do refratômetro digital ATAGO, modelo PAL-1 e os resultados expressos em graus brix (°Brix).

Os parâmetros de cor foram obtidos a partir de leituras realizadas na região equatorial de cada fruto, com auxílio do colorímetro Minolta 400/410 (Konica®, CR-400-410, Japão); as medições realizadas na escala tridimensional L\* a\* b\* do sistema CIELAB e os resultados expressos em valores da tonalidade da coloração (ângulo HUE) e luminosidade (L\*) (Ávila *et al.*, 2012).

No terço médio das folhas amostradas, analisou a clorofila a e b através do medidor de clorofila (Clorofilog, Falker), e os resultados foram expressos em ICF (Índice de Clorofila Falker) (Cassol *et al.*, 2021).

Os testes de normalidade dos resíduos e homogeneidade de variância, Shapiro-Wilk e OneillMathews, respectivamente, a 5% de probabilidade, mostraram que os resíduos apresentaram distribuição normal e as variâncias são homogêneas. Assim, os dados foram submetidos a Análise de Variância utilizando teste F e, quando significativas, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de LSD ao nível de 5% de probabilidade, utilizando o software R-Studio (R Core Team, 2021).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

O efeito da aplicação de biofertilizantes e fitorreguladores, puros ou em diferentes combinações nos componentes de produção do morangueiro c.v. Portola, estão presentes na Tabela 1. Os dados apresentados são para o período experimental de 6 meses (junho a dezembro) e o total de 12 coletas de pseudofrutos. Assim, para o período do ensaio, houve efeito estatístico significativo para as variáveis produtividade (PROD), produção por planta (PROPLA), número de morangos totais (NMT) e comerciais (NMC). A produtividade variou de 3,91 a 18,97 t ha<sup>-1</sup>. As plantas tratadas com o biofertilizante

Arbolina<sup>®</sup> na dose de 80 mg L<sup>-1</sup> e o produto Stimulate<sup>®</sup> apresentaram maiores produtividades, sendo 18,97 t ha<sup>-1</sup> e 17,93 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Embora superiores em valores absolutos, estas produtividades observadas não diferiram estatisticamente do tratamento controle (17,15 t ha<sup>-1</sup>), sem aplicação de produtos, bem como daqueles que receberam Arbolina<sup>®</sup> + AS + CaCl<sub>2</sub> (16,68 t ha<sup>-1</sup>) e AS + CaCl<sub>2</sub> (16,59 t ha<sup>-1</sup>). O coeficiente de variação experimental para essa variável foi relativamente elevado, explicando a ausência de maior diferenciação entre as médias destes tratamentos. Vale salientar que este experimento foi realizado na casa de vegetação e, mesmo seguindo todos os pressupostos estatísticos para minimizar os erros aleatórios, ainda é passível de variações difíceis de serem controladas.

Outra hipótese que pode ser evocada para explicar as produtividades similares estatisticamente é a dose abaixo da adequada, pois não há recomendações calibradas tanto da Arbolina<sup>®</sup> quanto do Stimulate<sup>®</sup> para a cultura do morango. As doses utilizadas no experimento foram definidas em função de informações do fabricante. Reforçam essa hipótese os trabalhos de Busato *et al.* (2021) que aplicou a Arbolina<sup>®</sup> na concentração 155,6 mg L<sup>-1</sup>, via substrato inerte, e observou aumento da produtividade do morango em 41%, sem alteração da qualidade dos morangos.

**Tabela 1.** Componentes de produção do morangueiro tratado com diferentes biofertilizantes e fitoreguladores. Produtividade (PROD), produção por planta (PROPLA), porcentagem de morangos comerciais (PMCOM), número de morangos totais (NMT), número de morangos comerciais (NMC), peso médio de morangos (PMM), índice de clofila Falker (ICF), teor de clorofila A (CLa), teor de clorofila B (CLb) e relação clorofila A e B (CLa/CLb).

TRAT.	PROD	PROPLA	PMCOM	NMT	NMC	PMM	ICF	CLa	CLb	CLa/CLb
	kg/ha	g/planta	%			g/pseudo fruto				
1	17,15 ab	428,76 ab	61,69 <sup>ns</sup>	94,00 a	58,00 ab	13,87 <sup>ns</sup>	37,07 <sup>ns</sup>	30,65 <sup>ns</sup>	9,30 <sup>ns</sup>	3,36 <sup>ns</sup>
2	18,97 a	474,10 a	58,68 <sup>ns</sup>	96,00 a	56,00 ab	14,65 <sup>ns</sup>	37,39 <sup>ns</sup>	30,95 <sup>ns</sup>	9,86 <sup>ns</sup>	3,18 <sup>ns</sup>
3	11,15 bcd	278,82 bcd	53,43 <sup>ns</sup>	53,00 cd	29,00 cd	12,69 <sup>ns</sup>	38,92 <sup>ns</sup>	30,69 <sup>ns</sup>	9,42 <sup>ns</sup>	3,31 <sup>ns</sup>
4	16,68 ab	417,05 ab	66,23 <sup>ns</sup>	85,00 abc	55,00 ab	14,85 <sup>ns</sup>	37,27 <sup>ns</sup>	30,55 <sup>ns</sup>	9,37 <sup>ns</sup>	3,36 <sup>ns</sup>
5	14,18 abc	354,50 abc	56,09 <sup>ns</sup>	84,00 abc	48,00 abc	12,68 <sup>ns</sup>	38,81 <sup>ns</sup>	32,28 <sup>ns</sup>	12,44 <sup>ns</sup>	2,75 <sup>ns</sup>
6	9,65 bcd	241,24 cde	62,72 <sup>ns</sup>	57,00 bcd	35,00 bcd	13,13 <sup>ns</sup>	38,93 <sup>ns</sup>	29,55 <sup>ns</sup>	9,15 <sup>ns</sup>	3,28 <sup>ns</sup>
7	16,59 ab	414,77 ab	71,43 <sup>ns</sup>	89,00 adc	63,00 a	14,19 <sup>ns</sup>	38,21 <sup>ns</sup>	31,56 <sup>ns</sup>	9,84 <sup>ns</sup>	3,24 <sup>ns</sup>
8	5,38 cd	134,50 de	65,60 <sup>ns</sup>	46,00 d	22,00 d	12,87 <sup>ns</sup>	38,18 <sup>ns</sup>	30,90 <sup>ns</sup>	10,27 <sup>ns</sup>	3,15 <sup>ns</sup>
9	3,91 d	97,79 e	68,78 <sup>ns</sup>	36,00 d	25,00 cd	7,53 <sup>ns</sup>	37,81 <sup>ns</sup>	30,60 <sup>ns</sup>	9,53 <sup>ns</sup>	3,27 <sup>ns</sup>
10	17,93 a	448,28 a	68,78 <sup>ns</sup>	92,00 ab	62,00 a	15,26 <sup>ns</sup>	37,18 <sup>ns</sup>	31,02 <sup>ns</sup>	9,76 <sup>ns</sup>	3,24 <sup>ns</sup>
<b>C.V.</b>	28,94	28,94	12,07	29,63	32,95	21,42	9,60	5,34	12,56	7,85

Tratamentos (TRAT): T1 (controle), T2 (Arbolina<sup>®</sup>: 80 mg/L), T3 (Arbolina<sup>®</sup>: 80 mg/L + GA<sub>3</sub> 50 mg/L), T4 (Arbolina<sup>®</sup>: 80 mg/L + ASS 1 mM + CaCl<sub>2</sub> 0,4%), T5 (Arbolina<sup>®</sup>: 80 mg/L + GA<sub>3</sub> 50 mg/L + AS 1 mM + CaCl<sub>2</sub> 0,4%), T6 (GA<sub>3</sub> 50 mg/L), T7 (AS 1 mM + CaCl<sub>2</sub> 0,4%), T8 (Arbolina<sup>®</sup> 80 mg/L + GA<sub>3</sub> 100 mg/L), T9 (GA<sub>3</sub> 100 mg/L), T10 (Stimulate<sup>®</sup>); <sup>1</sup>números seguidos de mesma letra na coluna não difere estatisticamente pelo teste LSD a 5%, <sup>ns</sup>: não significativo.

Já Presente *et al.* (2013) aplicaram Stimulate® via foliar na concentração de 0,5 ml L<sup>-1</sup> no morango *Os Grande e reportaram* produtividade superior a 492,83 g planta<sup>-1</sup> (36,96 kg ha<sup>-1</sup>) quando comparado ao tratamento controle (332,42 g planta<sup>-1</sup>, 24,93 kg ha<sup>-1</sup>).

O efeito positivo da aplicação do GA<sub>3</sub> na produtividade do morangueiro não foi observado, independente da concentração utilizada, diferindo do que foi reportado por Jamal Uddin *et al.* (2012) com a aplicação foliar com 100 mg L<sup>-1</sup> de GA<sub>3</sub> que tiveram 25 pseudofrutos/planta, superior ao controle (19,6).

Em geral, as plantas tratadas com ácido giberélico (GA<sub>3</sub>) tiveram quedas na produtividade. Exceto para a combinação de GA<sub>3</sub>, Arbolina® e CaCl<sub>2</sub>+AS (T5), os tratamentos T3, T6, T8 e T9 apresentaram redução nos valores de produtividade e diferiram significativamente dos demais. Particularmente os tratamentos que receberam GA<sub>3</sub> nas concentrações de 100 mg L<sup>-1</sup>, com (T8) ou sem (T9) a mistura com a Arbolina®, tiveram redução acentuada na produtividade na ordem de 68,6% e 77,2%, respectivamente. Isso mostra que a aplicação do fitorregulador GA<sub>3</sub>, em concentrações mais elevadas, promoveu efeito negativo no desenvolvimento das plantas, refletindo diretamente na produtividade.

Por outro lado, é importante observar que a aplicação da Arbolina® (T3) e de CaCl<sub>2</sub>+AS (T5), junto do GA<sub>3</sub>, na concentração de 50 mg L<sup>-1</sup>, minimizou a queda de produtividade indicando que esses insumos de alguma forma atuaram positivamente na fisiologia da cultura. No trabalho de Qureshi *et al.* (2013), o ácido salicílico com cloreto de cálcio (1mMol L<sup>-1</sup> CaCl<sub>2</sub>+ 0,4% AS), aumentou a porcentagem de frutificação e número de pseudofrutos de morango cultivar *Chandler* (83,94% e 2933 pseudofrutos); em comparação com GA<sub>3</sub> 50mg L<sup>-1</sup> + CaCl<sub>2</sub> 20,4% (83,04 % e 2400 pseudofrutos).

A PRODPLA o NMT e o NMC apresentaram padrão similar ao observado para a produtividade. Em geral, a quantidade de morangos comerciais (NMC) foi superior nas plantas não tratadas com GA<sub>3</sub> em comparação àqueles que receberam, exceto para as plantas que receberam a Arbolina<sup>®</sup> e fitorreguladores (T5). Novamente, a presença combinada deste fitorreguladores com Arbolina<sup>®</sup> minimizou a redução na quantidade de frutos comerciais.

As demais variáveis componentes de produção PMCOM, PMM, ICF, CLa, CLb e CLa/CLb não apresentaram diferenças significativas ( $P > 0,05$ ). Embora havendo diferenças estatísticas significativas entre as médias dos tratamentos das variáveis NMT e NMC, a porcentagem de morangos comerciais (PMCOM) não diferiu, reforçando que o ganho de produtividade é a variável mais relevante. A mesma resposta foi observada por Gomes *et al.* (2015) o número de pseudofrutos que não respondeu a nenhuma das fontes de variação adotada, a interação entre ambientes de cultivo e doses de biofertilizante (esterco bovino melado, Stubble-Aid<sup>®</sup> e Compost-Aid<sup>®</sup>), e teve efeitos significativos ( $P < 0,05$ ) apenas sobre a produtividade por planta e comercial do morangueiro.

O biofertilizante Arbolina<sup>®</sup> apresenta na sua superfície alta densidade de cargas elétricas e, por isso, foi investigada o seu potencial como carreador de iônico ou molecular. Considerando os valores médios das plantas que receberam apenas GA<sub>3</sub> na concentração de 50 mg L<sup>-1</sup> (T6) como referência é possível perceber que na presença da Arbolina<sup>®</sup>, T3 e T5, a resposta das plantas foi positiva, pois minimizou a queda nos valores médios de PRODPLA. Mesmo nos tratamentos que foram aplicadas o dobro da concentração de GA<sub>3</sub> a Arbolina<sup>®</sup> atuou como atenuadora do efeito negativo deste fitorregulador. Diante do exposto, o efeito carreador da Arbolina<sup>®</sup> nas variáveis componentes de produção não pode ser confirmado, pelo contrário, os dados sugerem

efeitos individualizados desses insumos, com a Arbolina<sup>®</sup> atuando como atenuadora dos efeitos negativos do GA<sub>3</sub>. Na presença da Arbolina<sup>®</sup> e CaCl<sub>2</sub> + AS (T5) este efeito atenuador parece ser ainda mais efetivo.

Da mesma maneira não foi observado ganho de rendimento com o uso combinado da Arbolina<sup>®</sup> e CaCl<sub>2</sub> + AS. A médias dos tratamentos com CaCl<sub>2</sub> + AS, com e sem biofertilizante, não diferiram estatisticamente ( $P > 0,05$ ).

Na Tabela 2 são apresentados os dados de qualidade dos pseudofrutos. A aplicação de biofertilizantes e fitorreguladores nas plantas de morango afetou significativamente as seguintes características dos pseudofrutos: diâmetro, firmeza, pH, relação SS/AT e todos os índices de cor. Em geral, os insumos utilizados neste estudo produziram pseudofrutos de maior diâmetro com destaque para a combinação Arbolina<sup>®</sup> 80 mg/L + GA<sub>3</sub> 50 mg/L + AS 1 mM + CaCl<sub>2</sub> 0,4%. As exceções são observadas quando foi aplicado o GA<sub>3</sub> nas concentrações de 50 mg L<sup>-1</sup> e 100 mg L<sup>-1</sup> na ausência (T6 e T9) ou presença da Arbolina<sup>®</sup> (T8). Esse padrão de comportamento corrobora o observado para a produtividade em que a aplicação desse fitorregulador afetou negativamente (Tabela 1). Resultado similar foi reportado por Butruille (2021), em que produtividade (pseudofrutos planta<sup>-1</sup>) de morangueiros híbridos (*Fragaria x ananassa* Duch) cv. “Portola” teve aumento de 41% com aplicação de Arbolina<sup>®</sup> via substrato inerte na concentração de 155,6 mg L<sup>-1</sup>, em comparação ao controle.

A firmeza dos pseudofrutos variou de 4 a 12,8 N e os valores mais elevados foram obtidos nas plantas que receberam GA<sub>3</sub>. A aplicação deste fitorregulador juntamente com a Arbolina<sup>®</sup> apresentou maior valor de firmeza (1,28 N) das infrutescências, diferenciando estatisticamente dos outros tratamentos. Na sequência, os valores mais altos medidos foram na aplicação de GA<sub>3</sub> na concentração de 100 mg L<sup>-1</sup>, associada (T8)

ou não com (T9) a Arbolina. Esse resultado sugere que Arbolina<sup>®</sup> potencializou o efeito do GA<sub>3</sub> quando aplicada na concentração de 50 mg L<sup>-1</sup>.

Por outro lado, os valores de firmeza foram afetados negativamente pelo uso isolado dos biofertilizantes ou dos fitorreguladores, em especial quando se aplicou a Arbolina<sup>®</sup> e o Stimulate<sup>®</sup>. Na pesquisa de Steffens *et al.* (2011) foi verificado também que a aplicação de ameixas ‘Laetitia’ com GA<sub>3</sub> (100 mg L<sup>-1</sup>) em pré-colheita acompanhado com a aplicação de AVG (aminoetoxivinilglicina, 90 mg L<sup>-1</sup>), resulta em maior firmeza da polpa dos pseudofrutos (34 N) após o armazenamento refrigerado (Steffens *et al.*, 2011).

Embora tenha havido diferenças estatísticas significativas nos valores de pH dos morangos, não há uma tendência clara entre os tratamentos, indicando que este comportamento é, muito provavelmente, aleatório.

O balanço entre açúcares e acidez condicionam o sabor do morango maduro (Alves *et al.*, 2018). Nesse sentido, as plantas tratadas com Arbolina<sup>®</sup> e Stimulate<sup>®</sup> apresentaram pseudofrutos com maiores valores da relação SS/AT, mesmo não diferindo estatisticamente das plantas não tratadas (controle), bem como daquelas que receberam cloreto de cálcio e ácido salicílico com (T4) ou sem a Arbolina<sup>®</sup> (T7). Já as plantas tratadas com GA<sub>3</sub> apresentaram relações mais estreitas entre açúcares e acidez, evidenciando que esse fitorregulador, de certa maneira, afeta a qualidade sensorial do morango. O inverso foi observado nos estudos de Singh & Singh (2006), em que relação SS/AT foi maior quando aplicou GA<sub>3</sub> sozinho (9,20 com 100 mg L<sup>-1</sup> de GA<sub>3</sub>) ou combinado (9,36 com *Azotobacter*+*Azospirillum*+75 %N da dose padrão+GA<sub>3</sub> 100 mg L<sup>-1</sup>) nos morangos cv. Sweet Charlie.

Ainda na Tabela 2, é possível perceber que os índices de cor do morangueiro foram afetados pelos diferentes tratamentos. A intensidade da cor está associada ao valor do

croma que varia de 0 a 60 e quanto mais próximos de zero representa cores naturais (cinza) e mais próximos de 60 expressam cores vívidas. Já o ângulo hue assume valor zero grau para a cor vermelha e 90°, 180° e 270° para as cores amarela, verde e azul, respectivamente. Nesse sentido, pode-se inferir que para valores menores do ângulo hue e maiores de croma haverá predomínio e maior intensidade da cor vermelha.

**Tabela 2.** Qualidade pós-colheita do morangueiro tratado com diferentes biofertilizantes e fitoreguladores. Diâmetro (Diam.), comprimento (Comp.), firmeza (FIRM.), sólidos solúveis (SS), pH, acidez titulável (AT), relação sólidos solúveis e acidez titulável (SS/AT) e índices de cor a\*, b\*, relação a\*/b\*, C\* e °h.

Tratamento	Diam.	Comp.	Firm.	SS	pH	AT	SS/AT	a*	b*	a*/ b*	C*	°h
	----- mm -----		N	°Brix		% acidez						
1	29,50 c	34,71 <sup>ns</sup>	0,53 ef	5,63 <sup>ns</sup>	3,04 abc	5,73 ns	11,08 abc	48,38 abc	39,90 abc	1,28 c	61,69 abc	42,98 a
2	34,10 ab	37,68 <sup>ns</sup>	0,40 f	7,00 <sup>ns</sup>	3,00 bc	5,93 ns	14,70 a	54,55 abc	41,93 ab	1,24 c	66,78 ab	41,02 ab
3	32,28 abc	35,87 <sup>ns</sup>	1,28 a	7,50 <sup>ns</sup>	2,92 c	8,17 ns	6,39 d	40,09 cd	27,57 defq	1,48 bc	48,77 cde	32,34 bcd
4	33,11 ab	36,68 <sup>ns</sup>	0,55 ef	6,67 <sup>ns</sup>	3,16 a	6,67 ns	12,96 ab	43,03 cd	33,08 bce	1,77 b	54,77 bcde	36,04 abc
5	34,54 a	39,86 <sup>ns</sup>	0,90 bc	6,60 <sup>ns</sup>	2,95 c	7,13 ns	7,85 cd	44,69 bcd	29,50 cef	1,48 bc	54,11 bcde	33,03 abcd
6	31,21 bc	38,42 <sup>ns</sup>	0,77 cd	7,35 <sup>ns</sup>	3,10 ab	7,35 ns	9,54 bcd	41,35 cd	24,61 efq	1,84 b	48,39 de	29,64 cd
7	35,04 a	36,78 <sup>ns</sup>	0,63 de	6,60 <sup>ns</sup>	2,97 bc	6,60 ns	10,89 abc	58,04 a	45,81 a	1,58 bc	74,27 a	38,04 abc
8	31,11 bc	35,74 <sup>ns</sup>	1,04 b	7,10 <sup>ns</sup>	2,94 c	7,15 ns	6,81 d	38,42 d	17,93 q	2,29 a	42,45 e	24,78 d
9	31,13 bc	40,53 <sup>ns</sup>	0,94 bc	7,45 <sup>ns</sup>	2,99 bc	7,45 ns	7,94 cd	37,25 d	20,15 fq	1,77 b	42,75 cde	29,19 cd
10	33,39 ab	36,22 <sup>ns</sup>	0,41 f	6,16 <sup>ns</sup>	3,14 a	5,70 ns	14,07 a	44,48 bcd	37,76 abcd	1,56 bc	58,65 bcd	40,23 ab
<b>CV</b>	5,55	6,68	14,12	21,45	2,64	16,62	21,79	12,71	20,51	24,88	13,73	16,62

T1 (controle), T2 (Arbolina<sup>®</sup>: 80 mg/L), T3 (Arbolina<sup>®</sup>: 80 mg/L + GA<sub>3</sub> 50 mg/L), T4 (Arbolina<sup>®</sup>: 80 mg/L + ASS 1 mM + CaCl<sub>2</sub> 0,4%), T5 (Arbolina<sup>®</sup>: 80 mg/L + GA<sub>3</sub> 50 mg/L + AS 1 mM + CaCl<sub>2</sub> 0,4%), T6 (GA<sub>3</sub> 50 mg/L), T7 (AS 1 mM + CaCl<sub>2</sub> 0,4%), T8 (Arbolina<sup>®</sup> 80 mg/L + GA<sub>3</sub> 100 mg/L), T9 (GA<sub>3</sub> 100 mg/L), T10 (Stimulate<sup>®</sup>); <sup>1/</sup>números seguidos de mesma letra na coluna não difere estatisticamente pelo teste LSD a 5%, <sup>ns</sup>: não significativo.

Considerando essas informações apresentadas e observando que o índice de tonalidade vermelha ( $a^*$ ) do morangueiro apresentou maiores valores para os tratamentos com AS+CaCl<sub>2</sub> (58,04), seguidos da Arbolina<sup>®</sup> e do controle, nota-se, de maneira geral, que nos tratamentos com GA<sub>3</sub> os pseudofrutos tiveram a tonalidade afetada negativamente. Os mesmos tratamentos destacaram para tonalidade amarela ( $b^*$ ), sendo T7 (45,81), T2 (41,93) e controle (39,90). Na relação  $a^*/b^*$  a Arbolina<sup>®</sup> (80 mg L<sup>-1</sup>) com GA<sub>3</sub> (100 mg L<sup>-1</sup>) destacou-se com 2,29, a seguir, GA<sub>3</sub> (1,84) e Arbolina<sup>®</sup> 80 mg/L + ASS 1 mM + CaCl<sub>2</sub> 0,4% e GA<sub>3</sub> (100 mg/L) ambos com 1,77. As variáveis de cor das cultivares de morangos 'Arosa', 'Elsanta', 'Marmolada', 'Miss' e 'Raurica' ( $a^*$ ,  $b^*$ , relação  $a^*/b^*$ , C\*, L\* e h), tiveram a diminuição dos valores de croma pelo aumento no teor de antocianina total e diminuição da clorofila (Voça *et al.*, 2014). Foi relatado que as giberelinas atrasam o início do desbotamento e murcha da cor das flores, e retarda a senescência da pétala e realça a cor com pigmento (Singh *et al.*, 2006). Na aplicação de Arbolina<sup>®</sup> via pulverização foliar, as concentrações 20 e 160 mg L<sup>-1</sup> (L: 60 e 58) manifestou cores vermelhas mais escuras do que as concentrações 40, 80 e 320 mg L<sup>-1</sup> (L: 55, 54, 53) (Butruille, 2021). O AS diminuiu os valores de L\* (28,25), valores de ângulo C\*<sub>ab</sub> (17,60) e hue (15,72), comparativamente ao controle (L\* 29,44, C\*<sub>ab</sub> 21,79, hue 17,22) significando que este composto pode intensificar a cor da fruta (Gonçalves *et al.*, 2020).

## CONCLUSÃO

1. A resposta aos biofertilizantes foi dependente do biofertilizante e do bioestimulante;
2. As plantas tratadas com o biofertilizante Arbolina<sup>®</sup> na dose de 80 mg/L e o produto Stimulate<sup>®</sup> tiveram maiores índices relacionados aos componentes de produção;
3. A presença combinada dos fitorreguladores com Arbolina<sup>®</sup> aumentou a quantidade de morangos comerciais, além, também de ter pseudofrutos com maiores valores da relação SS/AT e maior diâmetro com destaque para a combinação;
4. O efeito positivo da aplicação do GA<sub>3</sub> na produtividade do morangueiro não foi observado;
5. Os valores mais elevados de firmeza foram obtidos nas plantas que receberam GA<sub>3</sub>, sendo que a Arbolina<sup>®</sup> potencializou o efeito do GA<sub>3</sub> quando aplicada na concentração de 50 mg L<sup>-1</sup>.

## REFERÊNCIAS

- Albrecht LP, Braccini AL, Scapim CA, Ávila MR & Albrecht AJP (2012) Biorregulador na composição química e na produtividade de grãos de soja. *Revista Ciência Agronômica*, 43:4:774-782.
- Alves V, da Luz FR, Schwarz K, Vieira RLD, Bennemann GD & de Resende JTV (2018). Aceitabilidade sensorial e características físico-químicas de morangos desidratados com diferentes tratamentos. *Demetra: Alimentação, Nutrição & Saúde*, 13:3:745-763.
- Antunes LEC & Bonow S (2021) Morango produção aumenta ano a ano, *Revista Campos & Negócios: Anuário HF*, 87- 90.
- Ávila JMM, Toralles RP, Cantillano RFF, Peralba MCR & Pizzolato TM (2012) Influência do sistema de produção e do armazenamento refrigerado nas características físico-químicas e no desenvolvimento de compostos voláteis em morangos. *Ciência Rural*, 42:12.
- Azizpour K, Shakiba MR, Sima NAKK, Alyari H, Mogaddam M; Esfandiari E & Pessarakli M (2010) Physiological response of spring durum wheat genotypes to salinity. *Journal of Plant Nutrition*, 33:859-873.
- Bhupinder S & Usha K (2003) Salicylic acid induced physiological and biochemical changes in wheat seedlings under water stress. *Plant Growth Regulation*, 39: 137-141.
- Busato JG, Butruille NMDS, Rodrigues MO, Paula AMD & Alencar ERD (2021) Estímulo ao crescimento de morangueiro a partir da adição de nanocomposto de carbono (Arbolina). *Revista Multidisciplinar de Educação e Meio Ambiente*, 2:3:1.
- Butruille NS (2021) Influência do método de aplicação e concentrações de Arbolina na produtividade, fisiologia e qualidade de frutos de morangueiro. Masters dissertation. Universidade de Brasília, Brasília, 76 p.

Cassol JC, Sponchiado D, Dornelles SHB, Tabaldi LA, Barreto EPM, Pivetta M & Lopes SJ (2020). Silicon as an attenuator of drought stress in plants of *Oryza sativa* L. treated with dietholate. *Brazilian Journal of Biology*, 81:1061-1072.

Castro PRC & Vieira EL (2001) Aplicações de reguladores vegetais na agricultura tropical. Guaíba, BR: Editora Agropecuária.

CFQ (Conselho Federal Químico) (2021) Notícias: Químicos criam biofertilizante vegetal nanotecnológico. Available at: <http://cfq.org.br/noticia/quimicos-criam-biofertilizante-vegetal-nanotecnologico/>. Accessed at: July 18<sup>th</sup>, 2021.

Colla G, Nardi S, Cardarelli M, Ertani A, Lucini L, Canaguier R & Rouphael Y (2015) Protein hydrolysates as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*, 196:28–38.

Davies PJ (2010) *Plant Hormones: Biosynthesis, Signal Transduction, Action!* PJ Davies (Ed.) (3rd ed.), Kluwer Academic, Dordrecht; Boston.

Du F, Ruan G & Liu H (2012) Analytical methods for tracing plant hormones. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 403:55-74.

FAO (Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura) (2019) Production of Strawberries: top ten producers 2021. Available at: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Accessed at: March 24<sup>th</sup>, 2021.

Fernandes F, Furlani PR, Ribeiro IJA & Carvalho CRL (2002) Produção de frutos e estolhos de morangueiro em diferentes sistemas de cultivo em ambiente protegido. *Bragantia*, 61:1:25-34.

Jamal Uddin AFM, Hossan MJ, Islam MS, Ahsan MK & Mehraj H (2012) Strawberry growth and yield responses to gibberellic acid concentrations. *Journal of Experimental Biosciences*, 3:2:51-56.

Jardin P (2015) Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation.

Scientia Horticulturae, 196:3-14.

Gomes LP, de Oliveira FDA, Bezerra FMS, Lima LA, Costa LP & Guedes RAA (2015). Produtividade de cultivares de maxixeiro em função de doses de biofertilizante. Revista Agro@mbiente On-line, 9:3:275-283.

Gonçalves MA, Vignolo GK, Antunes LEC & Reisser Junior C (2016) Produção de morangos fora do solo – Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 32 p. (Documentos / Embrapa Clima Temperado, ISSN 1516-8840; 410).

Gonçalves B, Morais MC, Sequeira A, Ribeiro C, Guedes F, Silva AP, & Aires A. (2020). Quality preservation of sweet cherry cv. 'staccato' by using glycine-betaine or *Ascophyllum nodosum*. Food chemistry, 322:126713.

Gunness P, Kravchuk O, Nottingham SM, D'Arcy BR & Gidley MJ (2009) Sensory analysis of individual strawberry fruit and comparison with instrumental analysis. Postharvest Biology and Technology, 52:2:164-172.

Kumar L, Kumar S, Verma RS, Yadav S & Singh V & Yadav S (2022) Effect of plant growth regulators and mulches on yield and quality of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Chandler. The Pharma Innovation Journal, 11:1: 291-293.

Li J, Li C & Smith SM (2017) Hormone metabolism and signaling in plants. Academic press, 94 p.

Neri D, Lodolini EM, Savini G, Sabbatini P, Bonanomi G & Zucconi F (2002) Aplicação foliar de ácidos húmicos em morango (cv Onda). Acta horticulturae, 297-302.

Presente PJ, Da Rocha AC, Oliveira HGN, Da Silva ES, Felisbino DS & Domingues MCS (2013) Produção de pseudofrutos de morangueiro (*Fragaria ananassa* var. Oso grande) com a aplicação de reguladores vegetais. Revista Eletrônica Thesis, 10: 20:93-107.

Qureshi KM, Chughtai S, Qureshi US & Abbasi NA (2013). Impact of exogenous application of salt and growth regulators on growth and yield of strawberry. *Pakistan Journal of Botany*,45:4, 1179-1185.

R Core Team (2021) R: A language and environment for statistical computing. *R Foundation for Statistical Computing*, Vienna. Available at: <https://www.R-project.org>. Accessed on: February 12<sup>th</sup>, 2021.

Rouphael Y & Colla G (2020) Bioestimulantes na agricultura. *Frontiers in Plant Science*, 11:40.

Singh AKATH, & Singh JN (2006). Studies on influence of biofertilizers and bioregulators on flowering, yield and fruit quality of strawberry cv. Sweet Charlie. *Annals of Agricultural Research*, 27:3.

Steffens CA, Amarante CVTD, Chechi R, Silveira JPG & Corrêa TR (2011). Maturação e qualidade pós-colheita de ameixas' laetitia' com a aplicação pré-colheita de AVG e GA3. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33:21-31.

Sun F (2009) The mutual regulations between ABA and calcium signal transduction pathways under abiotic stress. *Genome Applied Biology China*, 28:2: 391-397.

Trento EJ, Sepulcri O & Morimoto F (2011) Comercialização de frutas, legumes e verduras. Curitiba: Instituto Emater, 40 p. (Série Informação Técnica, 85).

Trevisan F, Lima CSM, Liz KM, Pinto VZ & Bonome, LTS (2017) Ácido Salicílico no desenvolvimento de plantas e nas características físico-químicas de frutas de morango “Milsei-Tudla”. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 18:2.

Vieira EL & Castro PRC (2001) Ação de stimulate no desenvolvimento inicial do sistema radicular de plantas de algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.) em condições de rizotron. Informativo ABRATES. Londrina: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.

Voća S, Žlabur JŠ, Dobričević N, Jakobek L, Šeruga M, Galić A & Pliestic S (2014)  
"Variation in the Bioactive Compound Content at Three Ripening Stages of Strawberry  
Fruit" *Molecules*, 19:7:10370-10385. <https://doi.org/10.3390/molecules190710370>

Yaseen M, Arshad M & Khalid A (2006) Effect of acetylene and ethylene gases released  
from encapsulated calcium carbide on growth and yield of wheat and cotton.  
*Pedobiologia*, 50: 405-411.