



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

AMANDA LOVISOTTO BATISTA MARTINS

**INOCULAÇÃO DE MICRORGANISMOS PROMOTORES DE
CRESCIMENTO NO CULTIVO DE GÉRBERA EM VASO**

Londrina
2022

AMANDA LOVISOTTO BATISTA MARTINS

**INOCULAÇÃO DE MICRORGANISMOS PROMOTORES DE
CRESCIMENTO NO CULTIVO DE GÉRBERA EM VASO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina para obtenção do título de mestre.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Tadeu de Faria

Londrina
2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

Martins, Amanda Lovisotto Batista.

Inoculação de microrganismos promotores de crescimento no cultivo de gérbera em vaso / Amanda Lovisotto Batista Martins. - Londrina, 2022.
46 f. : il.

Orientador: Ricardo Tadeu de Faria.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2022.
Inclui bibliografia.

1. Auxina - Tese. 2. Bacillus sp. - Tese. 3. Gerbera jamesonii - Tese. 4. Nutrição - Tese. I. Faria, Ricardo Tadeu de. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. III. Título.

CDU 63

AMANDA LOVISOTTO BATISTA MARTINS

INOCULAÇÃO DE MICRORGANISMOS PROMOTORES DE CRESCIMENTO NO CULTIVO DE GÉRBERA EM VASO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina para obtenção do título de mestre.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Tadeu de Faria
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Dr. Rodrigo Thibes Hoshino
IDR - IAPAR

Dr. Roberto Jun Takane
Universidade Federal do Ceará - UFC

Londrina, 23 de fevereiro de 2022.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus por toda a caminhada até aqui.

Agradeço ao meu orientador Dr. Ricardo Tadeu de Faria por todo ensinamento e apoio durante o mestrado e nas pesquisas realizadas e ao Dr. André Luiz Martinez de Oliveira por aceitar na coorientação com seus conhecimentos e os materiais utilizados na pesquisa.

A Universidade Estadual de Londrina, por toda a estrutura, pelos funcionários e colaboradores do Laboratório de Fitotecnia por todo apoio e ajuda durante a caminhada.

Aos meus pais Sonia e Aroldo que sempre me deram apoio durante os anos de estudos, ao meu parceiro de vida Guilherme que sempre me apoiou e incentivou durante essa caminhada e ao meu filho Theo que em breve estará junto conosco nesse mundo.

MARTINS, Amanda Lovisotto Batista. **Inoculação de microrganismos promotores de crescimento no cultivo de gérbera em vaso**. 2022. 43 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2022.

RESUMO

As gérberas estão entre as flores ornamentais de maior comercialização como flor de vaso, a inoculação dessas plantas com microrganismos promotores de crescimento são uma estratégia sustentável que auxiliam o crescimento e desenvolvimento das plantas. Objetivou-se avaliar o efeito da inoculação com microrganismos promotores de crescimento no cultivo de gérbera em vaso e a produção de auxinas em suas raízes. O experimento foi realizado utilizando a *Gerbera jamesonii* L. híbrido Festival, em delineamento inteiramente casualizado, contendo quatro tratamentos e doze repetições. Os tratamentos foram aplicados em dose única via fertirrigação, sendo eles: T1: Controle (água); T2: *Streptomyces* sp. Estirpe 102; T3: *Bacillus subtilis* ZK; T4: Adubação química (N:P:K 13-13-15). Os microrganismos foram provenientes da coleção de Bactérias Promotoras de Crescimento da Universidade Estadual de Londrina. Foram realizadas avaliações aos 15, 47 e 78 dias após a inoculação (DAI) e as variáveis avaliadas foram as seguintes: número de folhas, número de raízes, comprimento da parte aérea, comprimento de raiz, volume de raiz, massa fresca e seca de parte aérea e das raízes. Ao final das avaliações foi feita a quantificação de auxinas nas raízes com 15 DAI através da cromatografia líquida de ultra performance. As pressuposições de normalidade dos erros e homogeneidade das variâncias foram testadas por Shapiro-Wilk e Bartlett, respectivamente. Os resultados obtidos foram submetidos a análise de variância através do teste de Tukey ($p < 0,05$). Todas as análises foram realizadas pelo software R. Os resultados indicam que houve melhora significativa no volume das raízes de gérbera com a inoculação de *B. subtilis* aos 15 DAI com um volume de 23,0 mL em relação apenas com o controle (13,0 mL) e aos 78 DAI com um volume de 16,17 mL em relação a adubação química (6,83 mL). Na segunda avaliação aos 47 DAI o comprimento das raízes de gérbera teve resultado significativo com 31,10 cm quando inoculadas com *Streptomyces* sp. em relação apenas ao *B. subtilis* (21,50 cm). A análise de componentes principais dos compostos radiculares do metabolismo de AIA agrupou os tratamentos de modo separado com a análise de cromatografia líquida, pois os microrganismos atuam sobre a via metabólica do AIA de modo diferente, resultando em perfis cromatográficos distintos e característicos para cada tratamento. Concluiu-se que durante o período experimental não houve uma tendência de crescimento e desenvolvimento das plantas em relação aos tratamentos, obtendo diferenças significativas isoladas. Maiores análises serão realizadas para identificação e quantificação dos compostos encontrados relacionados ao metabolismo do AIA.

Palavras-chave: auxina; *bacillus* sp; *gerbera jamesonii*; nutrição; *streptomyces* sp.

MARTINS, Amanda Lovisotto Batista. **Inoculation of growth-promoting microorganisms in potted gerbera cultivation**. 2022. 43 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2022.

ABSTRACT

Gerberas are among the most commercialized ornamental flowers as vase flowers, the inoculation of these plants with growth-promoting microorganisms is a sustainable strategy that helps the growth and development of plants. The objective was to evaluate the effect of inoculation with growth-promoting microorganisms in the cultivation of gerbera in pots and on the production of auxins in their roots. The experiment was carried out using the *Gerbera jamesonii* L. hybrid Festival, in a completely randomized design, with four treatments and twelve replications. The treatments were applied in a single dose via fertigation, as follows: T1 – Control (water); T2 – *Streptomyces* sp. Strain 102; T3 – *Bacillus subtilis* ZK; T4 – Chemical fertilization (N:P:K 13-13-15). The microorganisms came from the collection of Growth-Promoting Bacteria at the Universidade Estadual de Londrina. Evaluations were performed at 15, 47 and 78 days after inoculation (DAI) and the variables evaluated were the following: number of leaves, number of roots, shoot length, root length, root volume, fresh and dry mass of shoots and roots. At the end of the evaluations, the quantification of auxins in the roots was performed using ultra performance liquid chromatography. The assumptions of normality of errors and homogeneity of variances were tested by Shapiro-Wilk and Bartlett, respectively. The results obtained were subjected to analysis of variance using the Tukey test ($p < 0.05$). All analyzes were performed using the R software. The results indicate that there was a significant improvement in the volume of gerbera roots with the inoculation of *B. subtilis* at 15 DAI with a volume of 23,0 mL in relation to the control alone (13,0 mL) and at 78 DAI with a volume of 16.17 mL in relation to chemical fertilization (6.83 mL). In the second evaluation at 47 DAI, the length of the gerbera roots had a significant result with 31.10 cm when inoculated with *Streptomyces* sp. compared only to *B. subtilis* (21.50 cm). The analysis of principal components of root compounds of AIA metabolism grouped treatments separately with liquid chromatography analysis, as microorganisms act on the AIA metabolic pathway differently, resulting in distinct and characteristic chromatographic profiles for each treatment. It was concluded that during the experimental period there was no trend of growth and development of the plants in relation to the treatments, obtaining significant differences isolated. Further analyzes will be carried out to identify and quantify the compounds found related to the metabolism of AIA.

Key words: auxin; *bacillus* sp; *gerbera jamesonii*; nutrition; *streptomyces* sp.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Flor de gérbera durante a condução do experimento.	13
Figura 2	– Estrutura radicular da gérbera.....	14
Figura 3	– Mudanças de gérbera (<i>Gerbera jamesonii</i> L.) transplantadas.	22
Figura 4	– Plantas de gérbera no dia da inoculação.	23
Figura 5	– Raízes de gérbera em liofilizador a – 77 °C.	24
Figura 6	– Extrato livre de células (ELC).....	25
Figura 7	– Extração dos metabólitos com o cartucho Strata -X®.....	26
Figura 8	– Primeira avaliação da gérbera (<i>Gerbera jamesonii</i> L.) 15 dias após a inoculação (DAI) com microrganismos promotores de crescimento.....	28
Figura 9	– Segunda avaliação da gérbera (<i>Gerbera jamesonii</i> L.) 47 dias após a inoculação (DAI) com microrganismos promotores de crescimento.....	29
Figura 10	– Terceira avaliação da gérbera (<i>Gerbera jamesonii</i> L.) 78 dias após a inoculação (DAI) com microrganismos promotores de crescimento.....	30
Figura 11	– Análise dos resultados metabólicos das amostras em relação aos tratamentos	32

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** – Médias de crescimento de gérbera (*Gerbera jamesonii* L.) referente a primeira avaliação 15 dias após a inoculação (DAI) com microrganismos promotores de crescimento31
- Tabela 2** – Médias de crescimento de gérbera (*Gerbera jamesonii* L.) referente a segunda avaliação 47 dias após a inoculação (DAI) com microrganismos promotores de crescimento32
- Tabela 3** – Médias de crescimento de gérbera (*Gerbera jamesonii* L.) referente a terceira avaliação 78 dias após a inoculação (DAI) com microrganismos promotores de crescimento33

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

2,4-D	2,4-diclorofenóxiacético
ABA	Ácido Abscísico
AI	Avaliação Inicial
AIA	Ácido-3-indolacético
AIB	Ácido-indol-butírico
ANA	Ácido naftaleno-acético
AS	Ácido Salicílico
BRs	Brassinosteróides
CA	Comprimento da parte aérea
CaCO ₃	Carbonato de cálcio
CCA	Centro de Ciências Agrárias
CG	Cromatografia gasosa
CL	Cromatografia líquida
cm	Centímetros
CR	Comprimento radicular
CS ₂	Di-sulfureto de carbono
CSC	Cromatografia supercrítica
DAI	Dias após inoculação
ELC	Extrato livre de células
g	Gramas
GAs	Giberelina
HCl	Ácido clorídrico
hr	Horas
IPyA	Indol-3-piruvato
JAs	Jasmonato
M	Molar
MFPA	Massa Fresca da Parte Aérea
MFR	Massa Fresca Radicular
mL	Mililitros
MPCP	Microrganismos Promotores de Crescimento em Plantas
MS	Espectrometria de Massas
MSPA	Massa Seca da Parte Aérea

MSR	Massa Seca Radicular
N2	Nitrogênio Líquido
NF	Número de Folhas
NR	Número de Raízes
PCA	Principal componente da amostra
RPM	Rotação por minuto
RSI	Resistência Sistêmica Induzida
SPE	Extração por fase sólida
UEL	Universidade Estadual de Londrina
UPLC	Ultra Performance Liquid Chromatography (Cromatografia líquida de alta performance)
VOC	Compostos Orgânicos Voláteis
VR	Volume de Raiz
µL	Microlitro

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1	FAMÍLIA ASTERACEAE.....	12
2.2	GÊNERO GERBERA SP.....	12
2.3	MICROORGANISMOS PROMOTORES DE CRESCIMENTO.....	14
2.3.1	Bacillus Subtilis.....	15
2.3.2	Streptomyces.....	16
2.4	HORMÔNIOS VEGETAIS.....	17
2.4.1	Auxina.....	18
2.5	CROMATOGRAFIA	20
2.5.1	Cromatografia Líquida de Ultra Performance (UPLC) e Espectrometria de Massas (MS).....	20
3	MATERIAL E MÉTODOS	22
3.1	MATERIAL VEGETAL	22
3.2	INOCULAÇÃO.....	23
3.3	AVALIAÇÃO	23
3.4	ANÁLISE POR UPLC-MS	24
3.4.1	Preparo das Amostras Vegetais	24
3.4.2	Análise por UPLC-MS	25
3.5	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	27
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
5	CONCLUSÕES	33
	REFERÊNCIAS	34

1 INTRODUÇÃO

A produção de plantas e flores ornamentais constitui em um promissor ramo do agronegócio para geração de renda e empregos, exercendo ainda funções sociais, culturais e ecológicas. Por apresentar ciclos relativamente curtos de produção e um alto valor agregado aos produtos ornamentais, a floricultura possibilita um rápido retorno econômico para o produtor.

A gérbera é originária da África do Sul, sua propagação pode ser feita a partir de sementes ou por meio da propagação *in vitro*. Considerada uma espécie de fácil adaptação a diferentes climas, podendo florir durante todo o ano. A *Gerbera jamesonii* Bolus ex Hook é uma das espécies mais comercializadas, sendo utilizada como flor de corte, flor de jardim e flor de vaso. Essa espécie apresenta uma grande variedade de formato e colorações de flores, uma extensa longevidade, atraindo a atenção dos consumidores devido a essas características.

A inoculação dos microrganismos promotores de crescimento vem ganhando espaço em cultivos comerciais e sendo utilizada de maneira crescente em todo o mundo, no entanto não há estudos relatados na literatura com a cultura da gérbera.

Inoculação de plantas com vem se tornando uma estratégia para auxiliar no crescimento e enraizamento, diminuindo a utilização de adubação química e consequentemente reduzindo custos e danos ao meio ambiente. A associação simbiótica com microrganismos pode favorecer as espécies vegetais em diversos estágios de desenvolvimento, como na germinação das sementes, absorção de nutrientes e resistência a fatores bióticos e abióticos.

Os gêneros *Bacillus* e *Streptomyces* possuem membros de grande importância na área agrícola por serem promotores de crescimento em plantas e por promoverem a produção da auxina e consequentemente o crescimento e desenvolvimento das raízes, deste modo a inoculação com microrganismos promotores de crescimento de plantas pode resultar em benefícios ao cultivo de gérbera.

O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da inoculação com microrganismos promotores de crescimento no cultivo de gérbera em vaso e a produção de auxinas em suas raízes.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 FAMÍLIA ASTERACEAE

A família das Asteraceae Bercht. & J.Presl, pertencente as Angiospermas, são encontradas em todas as regiões do mundo, exceto na Antártida, atualmente no Brasil são reconhecidos 291 gêneros e 2.124 espécies, no estado do Paraná encontra-se 631 dessas espécies (ROQUE et al., 2020). Há uma grande diversidade entre os representantes dessa família, podendo ser cultivadas como anuais ou perenes, normalmente são caracterizadas como plantas herbáceas, variando como arbustos, ervas, trepadeiras e raramente com hábito arbóreo (FUNK et al., 2009; NATAL, 2017).

Uma característica marcante dentro das Asteraceae é a apresentação do grão de pólen os quais são empurrados para fora das anteras pelo crescimento do estilete (FUNK et al., 2009; NATAL, 2017).

O cultivo das Asteraceae abrange diversas áreas econômicas, podendo ser cultivadas e utilizadas como ornamentais, medicinais, apícolas, oleaginosas, aromáticas, inseticidas e comestíveis. Possui também espécies consideradas invasoras de lavouras ou potencialmente tóxicas tanto para os animais quanto ao homem (RITTER E BAPTISTA, 2005; FERNANDES, 2015).

2.2 GÊNERO *GERBERA* SP.

As plantas do gênero *Gerbera* são importantes flores ornamentais, originárias da África do Sul, pertencem à mesma família do crisântemo (*Chrysanthemum* ssp.) e do girassol (*Helianthus annuus* L.), esse gênero é composto por cerca de quarenta espécies como *Gerbera jamesonii* H. Bolus e a *G. viridifolia* D.C., outra espécie sul africana. Atualmente a maioria das cultivares são oriundas de hibridações entre *G. jamesonii* x *G. viridifolia*, originando a *Gerbera hybrida* Hort. (ARCE et al., 2017; DENG; BHATTARAI, 2018).

A gérbera está entre as flores mais comercializadas no Brasil e entre as dez flores de corte mais importantes do mundo, com maior aplicabilidade na comercialização de flores e até mesmo em vasos e canteiros. Possuem boa adaptação ao clima de diversas regiões, facilitando seu cultivo por todo o país.

Apresentam boa durabilidade, são resistentes ao transporte e possuem alto valor agregado por suas colorações de diversas tonalidades e seus formatos (GUERRERO et al., 2012; MENEGAES et al., 2015; SULZBACH et al., 2015; SAGAR MAITRA et al., 2020) (Figura 1).

Figura 1 – Flor de gérbera durante a condução do experimento. Londrina, 2020.



Fonte: Próprio autor.

São plantas herbáceas em que as hastes podem atingir até 40 cm de altura, perenes, no Brasil florescem durante todo o ano, principalmente durante as estações da primavera e verão. O sistema radicular das gérberas é composto inicialmente de raízes pivotantes das quais inicia-se numerosas raízes fasciculadas. As folhas são dispostas em roseta e alongadas, da axila de algumas folhas evoluem os botões florais que nascem do pecíolo, com uma inflorescência terminal denominada capítulo (INFOAGRO, 2016) (Figura 2).

Figura 2 – Estrutura radicular da gérbera. Londrina, 2020.



Fonte: Próprio autor.

A *G. jamesonii* é uma espécie diplóide, seu capítulo é composto de flores marginais liguladas (femininas) e flores tubulares (hermafroditas e masculinas) (CARDOSO et al., 2009). Segundo Arce et al. (2017) e Ludwig et al. (2007), morfologicamente as gérberas são classificadas por sua inflorescência, podendo ser simples, duplas ou semiduplas, pela coloração do centro sendo claro ou escuro e ainda pela coloração das brácteas.

O fruto é um aquênio, de coloração marrom claro ou escuro, que contém apenas uma semente externa, facilitando sua propagação, a qual pode ser sexuada, vegetativa ou por multiplicação *in vitro* (INFOAGRO, 2016).

2.3 MICRORGANISMOS PROMOTORES DE CRESCIMENTO

Os microrganismos promotores de crescimento de plantas (MPCP) são bactérias presentes no solo, que atuam de forma direta na aquisição de nutrientes para a planta (nitrogênio, potássio, solubilização de fosfato, entre outros), na produção

de hormônios vegetais, vitaminas e de forma indireta para reduzir agentes patogênicos, podem ainda atuar como biofertilizantes auxiliando em seu crescimento e rendimento, melhoria do aporte de nutrientes pelas plantas e induzir mudanças na fisiologia, permitindo melhores processos de floração, germinação e estabelecimento das plantas, sendo capazes de se associarem a superfície das raízes (AHEMAD, 2012; BABALOLA, 2010; DIAZ, 2018).

Alguns dos gêneros promotores de crescimento são: *Agrobacterium*, *Arthrobacter*, *Azotobacter*, *Azospirillum*, *Bacillus*, *Burkholderia*, *Caulobacter*, *Chromobacterium*, *Erwinia*, *Flavobacterium*, *Micrococcus*, *Pseudomonas* e *Serratia* (BHATTACHARYYA; JHA, 2012; FIGUEIREDO et al., 2011).

Bactérias simbióticas e não simbióticas vem sendo utilizadas como bioinoculantes, esses microrganismos desenvolvem diferentes tipos de hormônios que são os responsáveis pelo crescimento das plantas, como as auxinas, citocininas, giberelina e compostos voláteis (DE LA TORRE-RUIZ et al., 2016).

A inoculação com MPCP estão entre as técnicas de manejo visando o aumento da produtividade na agricultura, além de ser sustentável contribui na nutrição das plantas, diminui os efeitos de estresses bióticos e abióticos, melhora indiretamente a fertilidade do solo e conseqüentemente reduz a utilização de insumos químicos. A utilização destes microrganismos promotores de crescimento como inoculantes já vem sendo utilizados regularmente em culturas de espécies leguminosas (ZULUAGA et al., 2020).

Alguns estudos apresentam respostas positivas no crescimento de plantas com a inoculação de microrganismos promotores de crescimento, como exemplo na cultura do abacaxizeiro (BALDOTTO et al., 2010), no arroz (FERREIRA et al., 2013), em cana-de-açúcar (GÍRIO et al., 2015), no girassol (SANTOS et al., 2014), no milho (GUERREIRO, 2009) e em orquídeas (GALDIANO JR, 2009). A inoculação dos MPCP em plantas não leguminosas vem ganhando espaço em cultivos comerciais e utilizada de maneira crescente no Brasil (VERESOGLOU e MENEXES, 2010).

2.3.1 *Bacillus subtilis*

Bacillus subtilis se caracteriza por ser uma bactéria Gram-positiva, produz enzimas hidrofílicas extracelulares que degradam polissacarídeos; produz

antibióticos lipopeptídicos, da família surfactina, bacitracina e polimixina; e é considerada um agente de controle biológico no solo (RAGAZZO-SÁNCHEZ et al., 2011).

As bactérias do gênero *Bacillus* têm sido utilizadas comercialmente, se destacando pela formação de endósporo e por apresentarem multiplicidade de mecanismos antagônicos, possibilitando, assim, versatilidade nos mecanismos de ação fitopatogênicos, assim como para incrementar a produtividade (CAMPOS SILVA et al., 2008). Desencadeiam resistência sistêmica induzida (RSI), promovendo sinais bioquímicos nas plantas e estimulando a concentração de hormônios vegetais (LEELASUPHAKUL, 2008; HAMMAMI et al., 2013).

Segundo Oliveira et al. (2016), estudando o efeito de doses de *B. subtilis* na cultura do feijoeiro BRS Estilo, foi possível verificar que em todas as doses estudadas houve melhoria no crescimento das raízes e da parte aérea das plantas. A promoção de crescimento ocasionada por *B. subtilis* é consequência da melhora da fixação de nitrogênio, solubilização de nutrientes, síntese de fitormônios e melhoria das condições do solo (DIAZ, 2018).

2.3.2 *Streptomyces*

Pertencente ao filo Actinobacteria, *Streptomyces* é um gênero de bactérias Gram-positivas filamentosas, capazes de colonizar diversos ecossistemas, predominantemente o solo, totalizando aproximadamente 10% do total da microbiota do solo (TARKKA ET AL. 2008; SCHREY & TARKKA 2008). Alguns membros deste gênero possuem importância agrícola por ser promotoras de crescimento em plantas, pela produção de ácido-3-indolacético (AIA) (SALLA et al. 2014) e capacidade de solubilização de fosfato (OLIVEIRA et al. 2010).

Apresentam função como agentes de biocontrole, por meio da produção de antibióticos (PALANIYANDI et al. 2013a), de proteases extracelulares (PALANIYANDI et al. 2013b), compostos orgânicos voláteis (VOC) (LI et al. 2012; WANG et al. 2013) e de sideróforos (OLIVEIRA et al. 2010).

De acordo com Sadeghi et al. (2012) em seu estudo desenvolvido com plantas de trigo, a aplicação de *Streptomyces* sp. aumentou o crescimento e desenvolvimento das plantas, tendo ainda significativos aumentos na taxa de germinação e conseqüentemente na porcentagem de germinação, uniformidade das

plantas, altura e peso seco em comparação com a testemunha sem inoculação.

2.4 HORMÔNIOS VEGETAIS

Hormônios vegetais são substâncias orgânicas essenciais para os processos fisiológicos, normalmente agem em local diferente de onde são produzidos. As principais funções desses hormônios vegetais são a regulação dos processos fisiológicos, como a ativação ou inibição de crescimento e desenvolvimento e a regulação de respostas ao ambiente. Promovem a formação de novos tecidos, diferenciação dos órgãos, processo de maturação e senescência. (CASTRO E VIEIRA, 2001; PETRI et al., 2016; RODRIGUES e FIOREZI, 2015; TAIZ et al., 2017).

O primeiro hormônio do crescimento a ser estudado em plantas foi a auxina, descoberta pelos irmãos Charles e Francis Darwin na obra *O Poder do Movimento nas Plantas* em 1881. Além da auxina, o crescimento e desenvolvimento das espécies vegetais é regulado por outros oito hormônios considerados principais: ácido abscísico, ácido salicílico, brassinosteroides, citocininas, estrigolactonas, etileno, giberelinas e jasmonatos (TAIZ et al., 2017).

A auxina (AIA) é um hormônio essencial ao crescimento vegetal, sendo utilizada em cada aspecto do desenvolvimento como o alongamento e divisão celular, dominância apical, e desenvolvimento de brotos (WURST *et al.*, 1984).

O ácido abscísico (ABA) é o principal regulador da tolerância a estresses abióticos em plantas e coordena uma série de funções, induz o fechamento estomático para redução da transpiração e assim ativar mecanismos contra o estresse hídrico (MUNEMASA, 2015; FINKELSTEIN, 2013; WANI AND KUMAR, 2015).

O ácido salicílico (AS) é conhecido como indutor do metabolismo secundário em plantas, desempenhando um papel na resistência sistêmica adquirida, atuando na defesa contra patógenos e é relacionado com a resistência a diferentes estresses bióticos e abióticos, mas sua ligação na planta depende da espécie, estágio de desenvolvimento, entre outros (WEBER et al., 2012; SÁNCHEZ et al., 2010; HORVÁTH et al., 2007). É ainda um composto fenólico natural que possui a função de diminuir a síntese de etileno nas plantas, retardando os efeitos desse hormônio (VAN ALTVORST E BOVY, 1995).

Brassinosteróides (BRs) são hormônios esteróides que tem atuação

no alongamento celular, permitindo o aumento das taxas de crescimento e desenvolvimento das plantas, promovendo melhorias na eficiência do fotossistema II e em trocas gasosas, (HU et al., 2013; LIMA; LOBATO, 2017; VRIET; RUSSINOVA; REUZEAU, 2013; WEI; LI, 2016; BAGHEL et al. 2019).

As citocininas induzem a estimulação da divisão de células vegetais, principalmente na presença de auxinas, além do retardamento da senescência foliar, quebrando a dominância apical, quebra de dormência de gemas, desenvolvimento de flores, entre outros (DAVIES, 2010; TAIZ et al., 2017).

As estrigolactonas estimulam a germinação, reprimem a ramificação a formação das raízes secundárias, estimulam a atividade cambial e o crescimento de pelos radiculares (TAIZ et al., 2017).

O etileno é o hormônio que está relacionado com o desenvolvimento de raiz e parte aérea, estimula a maturação dos frutos, senescência de frutos, induz a abscisão foliar, a quebra de dormência das sementes entre outros. É produzido em resposta a estresses bióticos e abióticos. Esse hormônio é um gás, seu deslocamento é feito por difusão através dos espaços entre as células do tecido vegetal (TAIZ E ZEIGER, 2017; DE MELO, 2002).

As giberelinas (GAs) promovem a germinação de sementes, o alongamento celular em caules e folhas, florescimento, desenvolvimento do fruto, retarda o envelhecimento dos tecidos vegetais entre outros (LAVAGNINI et al., 2014).

Os jasmonatos (JAs) modulam diversos eventos fisiológicos, tais como a resistência a patógenos e insetos, estresses bióticos e abióticos, regulam aspectos do desenvolvimento das plantas e seu crescimento, amadurecimento dos frutos, maturação e produção de pólen viáveis, germinação de sementes (AVANCI et al., 2010; HAUSE et al., 1996).

2.4.1 Auxina

O ácido-3-indolacético (AIA), conhecido como auxina vegetal primária, é a forma mais abundante presente nas plantas, normalmente está ligada a tecidos que fazem rápida multiplicação, como alongamento e divisão celular, dominância apical e desenvolvimento de brotos (WURST *et al.*, 1984). A síntese do

AIA acontece em tecidos que tem capacidade de se dividirem mais rapidamente como os meristemas apicais, folhas e frutos novos (WACHOWICZ e CARVALHO, 2002).

Sua sintetização ocorre em duas etapas: o triptofano é convertido em indol-3-piruvato (IPyA) pela triptofanos aminotransferase; e sequentemente, o indol-3-piruvato é convertido em AIA. Por possuir uma estrutura simples, foi possível a formulação de substâncias sintéticas que são utilizadas na agricultura como o 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D) que é utilizado como herbicida ou hormônio vegetal (TAIZ et al., 2017).

Outra via biossintética de AIA são os próprios microrganismos associados as plantas, bactérias endofíticas como os *Bacillus* sp., por exemplo, são capazes de sintetizar AIA auxiliando assim no crescimento vegetal, promovendo o crescimento da raiz diretamente pela estimulação da elongação da célula vegetal ou divisão celular, alternativamente, o AIA pode estimular a atividade da enzima ACC sintase, aumentando assim a produção de ACC. Parte do ACC produzido pela planta pode ser exsudado e absorvido por bactérias que o convertem em amônia e α -cetobutirato por meio da ação da enzima ACC deaminase (1-aminociclopropano-1-carboxilato, um precursor do etileno) (PATTEN e GLICK, 2002; TSAVKELOVA et al., 2006).

Sabe-se que a relação planta bactéria pode ser mutualística, sendo o AIA sintetizado por diversas vias bioquímicas, mas a que utiliza o triptofano como precursor é a principal via realizada pelas bactérias. Contudo, é possível observar que o fornecimento de AIA estimula o crescimento vegetal e conseqüentemente há uma maior disponibilidade de nutrientes para as bactérias (PATTEN e GLICK, 1996; SOLANO et al., 2008).

A auxina faz com que as paredes celulares afrouxem, tendo maior plasticidade, proporcionando a planta alongamento celular, estimulando o enraizamento primário, na diferenciação vascular, na formação de gemas florais e no desenvolvimento dos frutos. Vem sendo utilizada na técnica de propagação vegetativa e de estaquia em mudas comerciais, nesses dois casos a auxina utilizada é sintética, que é o ácido-indol-butírico (AIB) e o ácido naftaleno-acético (ANA) (PEIXOTO et al., 2018; TAIZ et al., 2017).

2.5 CROMATOGRAFIA

A cromatografia é um método físico-químico que consiste em uma técnica de separação, entre um fluido (fase móvel) e um adsorvente (fase estacionária), tornando-a uma técnica muito versátil. Essa técnica originou-se no século XX pelo botânico Mikhail Semenovitch Tswell que desenvolveu trabalhos com a separação de extratos de plantas por adsorção diferencial em colunas, onde utilizava di-sulfureto de carbono (CS_2) como fase móvel e carbonato de cálcio (CaCO_3) como fase estacionária, com suas experiências ele obteve a formação de bandas de colorações diferentes nas colunas utilizadas devido à adsorção diferencial dos pigmentos corados, pois percorriam em diferentes velocidades (UNIVERSIDADE DE COIMBRA, 2020).

Há dois métodos de classificação da cromatografia, a primeira pela forma física do sistema cromatográfico, onde a fase móvel e a estacionária estão em contato. A segunda constitui de uma classificação mais básica, baseando-se nos tipos de fase móvel e estacionária. A primeira classificação consiste na cromatografia em coluna onde a fase móvel é forçada a passar sob pressão em um tubo ou coluna e a cromatografia planar onde a fase móvel é transportada por capilaridade ou gravidade e a fase estacionária fica sob uma folha de papel, havendo diferença entre a velocidade do transporte entre as fases móvel e estacionária (SKOOG et al., 2002).

Quanto a classificação realizada pela fase móvel existe três formas de cromatografia: a gasosa, a líquida e a supercrítica. A cromatografia gasosa (CG) é utilizada para substâncias voláteis e amostras termicamente estáveis; a cromatografia líquida (CL) é utilizada para a separação de substâncias como aminoácidos e proteínas; e a cromatografia supercrítica (CSC) utiliza vapor pressurizado para a separar os compostos da amostra (GARCIA et al., 2020).

2.5.1 Cromatografia Líquida de Ultra Performance (UPLC) e Espectrometria de Massas (MS)

A cromatografia líquida é uma técnica analítica utilizada para separar os componentes de uma mistura, para identificar e para quantificar cada um dos componentes. Cada componente na amostra interage de forma ligeiramente diferente

com o material adsorvente, causando diferentes taxas de fluxo para os diferentes componentes e que leva à separação dos componentes à medida que fluem para fora da coluna (SNYDER *et al.*, 2011). A cromatografia a gás e líquida são as técnicas mais utilizadas em estudos biológicos e para análises de misturas é comum fazer uso de técnicas de separação *in tandem* com a espectrometria de massas (MICHOPoulos *et al.*, 2009; SCHAUER *et al.*, 2005).

A espectrometria de massa é uma técnica utilizada na identificação e quantificação de compostos químicos presentes em uma amostra através da observação da relação massa/carga (m/z) e abundância de íons. A espectrometria de massa funciona por meio da ionização de compostos químicos, através do bombardeamento com elétrons, para gerar moléculas carregadas ou fragmentadas. Estas moléculas são aceleradas e submetidas a um campo eletromagnético, onde moléculas com diferentes relações massa/carga são defletidas diferentemente e assim, são detectadas separadamente gerando o espectro de massa do composto ou mistura (SPARKMAN, 2000).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação coberta cobertura plástica, com 50% de retenção luminosa (Sombrite®) no Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Estadual de Londrina (UEL) na cidade de Londrina-PR, localizada a 51° 11' longitude Oeste, 23° 23' latitude Sul e altitude de 566 m.

3.1 MATERIAL VEGETAL

Utilizou-se mudas de gérbera (*Gerbera jamesonii* L.) híbrido Festival, pertencentes à série Light Eyed da empresa Sakata Seed Sudamérica (Sakata®), oriundas da Floricultura Úrsula localizada na cidade de Nova Petrópolis-RS. As mudas foram aclimatadas durante sete dias e transplantadas para vasos P11 (11 x 14 cm), os vasos foram previamente sanitizados com hipoclorito de sódio a 2,5% e enxaguados com água corrente, após a sanitização o transplântio ocorreu utilizando-se substrato comercial a base de turfa canadense (*Sphagnum*), perlita expandida, vermiculita expandida e casca de arroz carbonizada, Carolina Soil®, sendo os vasos mantidos em bancadas suspensas e irrigados uma vez ao dia durante todos os dias da condução do experimento (Figura 3).

Figura 3 – Mudas de gérbera (*Gerbera jamesonii* L.) transplantadas. Londrina, 2020.



Fonte: Próprio autor.

3.2 INOCULAÇÃO

A inoculação foi realizada com *Bacillus* sp. ZK e *Streptomyces* sp. estirpe 102, ambas compõem a coleção de Bactérias Promotoras de Crescimento da Universidade Estadual de Londrina. Os tratamentos foram compostos pela inoculação em dose única 48 dias após o transplante das mudas, através da rega de 50 mL de inoculante, onde as bactérias foram diluídas na concentração de 1×10^7 células.mL⁻¹ em água destilada, sendo T1: Água (controle); T2: *Streptomyces* sp. Estirpe 102; T3: *Bacillus* sp. ZK; T4: Adubação química. Para a adubação química foi utilizado o produto comercial N:P:K (13-13-15) na dose de 1 g.L⁻¹ de água destilada, sendo aplicados via fertirrigação 50 mL da solução por vaso em dose única.

Figura 4 – Plantas de gerbera no dia da inoculação. Londrina, 2020.



Fonte: Próprio autor.

3.3 AVALIAÇÃO

Foram realizadas três avaliações: 15 dias após a inoculação (DAI), 47 DAI e 78 DAI. As variáveis analisadas foram: número de folhas (NF), número de raízes (NR), comprimento da parte aérea (CA), comprimento da radicular (CR), volume da

raiz (VR), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca radicular (MFR), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca radicular (MSR).

Para a mensuração do comprimento de raiz e parte aérea foi utilizado uma régua graduada em centímetros (cm). Para a análise de massa das raízes e da parte aérea foi utilizada uma balança de precisão semi-analítica e as mesmas foram alocadas em sacos de papel do tipo Kraft para posterior secagem em estufa a 65 °C por 7 dias. Após este procedimento as amostras foram pesadas em balança de precisão e os resultados expressos em gramas (g).

3.4 ANÁLISE POR UPLC-MS

3.4.1 Preparo das amostras vegetais

Amostras de raízes coletadas de seis repetições por tratamento foram armazenadas em ultrafreezer a -30 °C e posteriormente levadas a um liofilizador a -77 °C em que amostras congeladas são mantidas à vácuo e em baixas temperaturas para que ocorra a sublimação da água, passagem direta do estado sólido para o gasoso, havendo assim uma diminuição do teor de água da amostra.

Figura 5 – Raízes de gérbera em liofilizador a -77 °C. Londrina, 2020.



Fonte: Próprio autor.

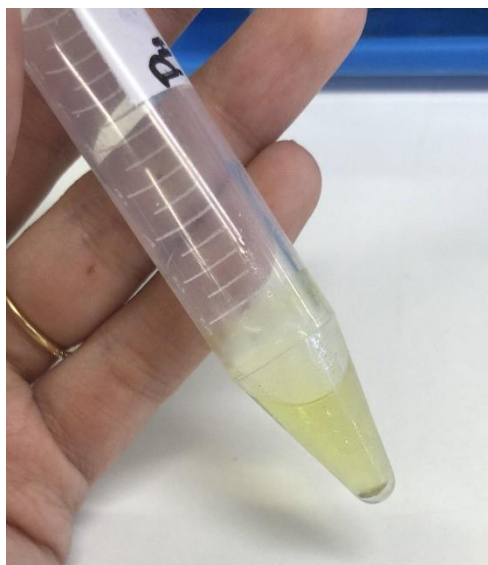
Após a liofilização as repetições de cada tratamento foram maceradas em nitrogênio líquido (N₂) para obtenção de amostras com 0,5 g de material vegetal finamente moído. Em tubos Falcon (15 mL) adicionou-se 0,5 mL de solução de metanol acidificado (ácido fórmico 0,05%) juntamente com o material vegetal. Foi feita a centrifugação a 10.000 rpm a 4 °C durante 10 minutos e em seguida feita a coleta do sobrenadante (0,2 mL) e mantido por 12 hr em geladeira.

Adicionou-se 0,5 mL da solução de metanol acidificado (ácido fórmico 0,05%) ao material precipitado, agitado em vortex e mantido em geladeira por no mínimo 12 horas. Fazendo novamente a centrifugação do material vegetal a 10.000 rpm a 4 °C durante 10 minutos e em seguida coletou-se o sobrenadante (0,2 mL), os sobrenadantes da primeira e segunda extração foram misturados, e posteriormente foi adicionado 6 mL de HCl a 0,1 M.

3.4.2 Análise por UPLC-MS

Os sobrenadantes foram utilizados para a extração dos metabólitos e análise por UPLC-MS, alíquotas de 6,4 mL foram centrifugadas por 10 minutos a 10000 RPM para obtenção do extrato livre de células (ELC).

Figura 6 – Extrato livre de células (ELC). Londrina, 2021.



Fonte: Próprio autor.

O extrato livre de células (ELC) foi acidificado com 1 volume de Ácido clorídrico (HCl) 0,1 M e, em seguida, os metabólitos presentes no sobrenadante foram extraídos empregando o cartucho de extração em fase sólida (SPE) Strata-X[®] (200 mg/ 3mL; Phenomemex), conforme o seguinte procedimento: o cartucho foi ativado com 10 mL de metanol e equilibrado com 5 mL de HCl 0,05 M. Após o carregamento com 5 mL do ELC acidificado, o cartucho foi lavado com 10 mL de HCl 0,05M e, em seguida, os metabólitos foram eluídos com 3 mL de metanol.

Figura 7 – Extração dos metabólitos com o cartucho Strata -X[®]. Londrina, 2021.



Fonte: Próprio autor.

Para análise por UPLC-MS foi utilizado um sistema LC20AD UPLC (Shimadzu, Japão) acoplado com um espectrofotômetro de massa do tipo triplo-quadruplo (Bruker, Alemanha), equipado com uma fonte de ionização tipo ESI, operando no modo de ionização positiva a uma voltagem de spray de 2500V. O extrato de metabólitos foi filtrado em uma membrana de nylon 0,45 μ M e uma alíquota de 10 μ L foi injetado em uma coluna KINETEX 5 μ M EVO C18 (100 Å , 100 x 2,1 mm, Phenomenex). A separação cromatográfica foi realizada a 200 $^{\circ}$ C, com um fluxo de 9.0 L/min e uma fase móvel composta do solvente A (0.1% ácido acético em água) e solvente B (metanol), utilizando o seguinte programa: gradiente de 0.01-10 min de 20% a 95% B; 10.0 – 14.0 min de 95% de B, 14.0 – 15.0 min de 95% a 20% B e 15.0 – 20.0 min com 20% B. Padrões do composto ácido-3-indol acético (AIA) foram analisados nas mesmas condições descritas, sendo injetado 10 μ L de cada padrão (20

$\mu\text{g/mL}$) e 5 μL de mistura destes padrões (20 $\mu\text{g/mL}$).

Para as análises dos espectros de massa, foi utilizado o software Compass DataAnalysis (Bruker) onde buscou-se detectar a presença dos metabólitos pelos valores de relação massa/carga (m/z). Os cromatogramas dos íons foram extraídos para cada valor de relação de massa/carga (m/z) dos padrões de compostos indólicos utilizados e a detecção de compostos, área do pico e sua intensidade foram determinados. As análises comparativas entre as estirpes nos diferentes tratamentos foram feitas com base na área total de cada cromatograma isolado.

3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, contendo 12 repetições e 4 tratamentos, as pressuposições de normalidade dos erros e homogeneidade das variâncias foram testadas por Shapiro-Wilk e Bartlett, respectivamente. Os resultados obtidos foram submetidos a análise de variância através do Teste de Tukey ($p < 0,05$). Todas as análises foram realizadas pelo software R (R Core Team, 2021).

Para a análise de componentes principais foi realizada análise multivariada para comparação dos perfis dos compostos obtidos pelos cromatogramas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

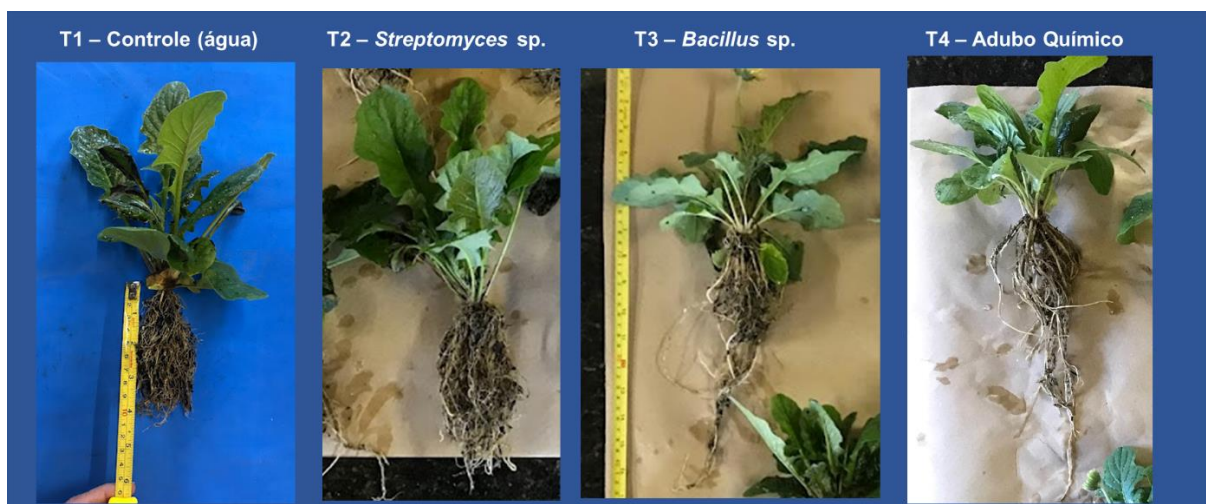
Na primeira avaliação (Tabela 1) efetuada 15 DAI, foi possível observar uma diferença estatística apenas para o volume de raiz, promovida respectivamente pelo tratamento com *B. subtilis*, *Streptomyces* sp. e Adubo químico, proporcionando maiores médias em relação a testemunha para essa variável (Figura 8).

Tabela 1 – Médias de crescimento da gérbera (*Gerbera jamesonii* L.) referente a primeira avaliação 15 dias após a inoculação (DAI) com microrganismos promotores de crescimento.

1ª Avaliação	NF (un.)	NR (un.)	CPA (cm)	CR (cm)	VR (mL)	MFPA (g)	MFR (g)	MSPA (g)	MSR (g)
T1 - Controle (água)	20,2 a	15,4 a	14,3 a	25,4 a	13,0 b	14,6 a	14,0 a	1,97 a	2,09 a
T2 - <i>Streptomyces</i> sp.	16,1 a	12,5 a	16,6 a	26,2 a	18,0 ab	15,4 a	18,8 a	2,05 a	2,48 a
T3 - <i>Bacillus subtilis</i>	18,8 a	13,8 a	15,8 a	24,3 a	23,0 a	16,3 a	21,7 a	2,20 a	2,86 a
T4 - Adubo Químico	19,1 a	14,2 a	17,0 a	25,8 a	15,0 ab	15,9 a	14,5 a	2,09 a	1,59 a
CV (%)	9,58	24,29	9,19	13,14	0,76	13,78	21,76	15,62	26,35
p	0,22	0,2289	0,1048	0,8319	0,0189	0,8205	0,0381	0,8408	0,3268

Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$). NF: número de folhas (un); NR: número de raízes (un); CPA: comprimento da parte aérea (cm); CR: comprimento de raiz (cm); VR: volume de raiz (mL); MFPA: massa fresca da parte aérea (g); MFR: massa fresca de raiz (g); MSPA: massa seca da parte aérea (g); MSR: massa seca de raiz (g).

Figura 8 – Primeira avaliação da gérbera (*Gerbera jamesonii* L.) 15 dias após a inoculação (DAI) com microrganismos promotores de crescimento. Londrina, 2020.



Fonte: Próprio autor.

Na segunda avaliação (Tabela 2) efetuada 47 DAI, observou-se uma diferença significativa apenas para o comprimento de raiz, diferentemente do resultado observado na primeira avaliação, que foi promovida respectivamente por *Streptomyces* sp., adubo químico e controle, proporcionando médias superiores em relação a inoculação com *B. subtilis* para essa variável (Figura 9).

Tabela 2 – Médias de crescimento da gérbera (*Gerbera jamesonii* L.) referente a segunda avaliação 47 dias após a inoculação (DAI) com microrganismos promotores de crescimento.

2ª Avaliação	NF (un.)	NR (un.)	CPA (cm)	CR (cm)	VR (mL)	MFPA (g)	MFR (g)	MSPA (g)	MSR (g)
T1 - Controle (água)	12,67 a	14,33 a	14,54 a	27,55 ab	9,00 a	15,37 a	18,97 a	2,00 a	2,56 a
T2 - <i>Streptomyces</i> sp.	13,50 a	15,75 a	16,42 a	31,10 a	10,75 a	18,02 a	20,16 a	2,25 a	2,55 a
T3 - <i>Bacillus subtilis</i>	13,25 a	15,42 a	15,61 a	21,50 b	9,92 a	18,05 a	17,52 a	2,31 a	2,38 a
T4 - Adubo Químico	14,25 a	14,33 a	14,54 a	27,55 ab	9,00 a	15,37 a	18,99 a	2,58 a	2,64 a
CV (%)	14,1	23,26	7,44	15,15	0,26	17,26	16,16	17,56	17,13
p	0,5413	0,6609	0,125	0,0275	0,3025	0,3389	0,8216	0,2488	0,9754

Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$). NF: número de folhas (un); NR: número de raízes (un); CPA: comprimento da parte aérea (cm); CR: comprimento de raiz (cm); VR: volume de raiz (mL); MFPA: massa fresca da parte aérea (g); MFR: massa fresca de raiz (g); MSPA: massa seca da parte aérea (g); MSR: massa seca de raiz (g).

Figura 9 – Segunda avaliação da gérbera (*Gerbera jamesonii* L.) 47 dias após a inoculação (DAI) com microrganismos promotores de crescimento. Londrina, 2020.



Fonte: Próprio autor.

Na terceira avaliação (Tabela 3) efetuada aos 78 DAI, observou-se diferença significativa para o volume de raiz, que foi promovida respectivamente por

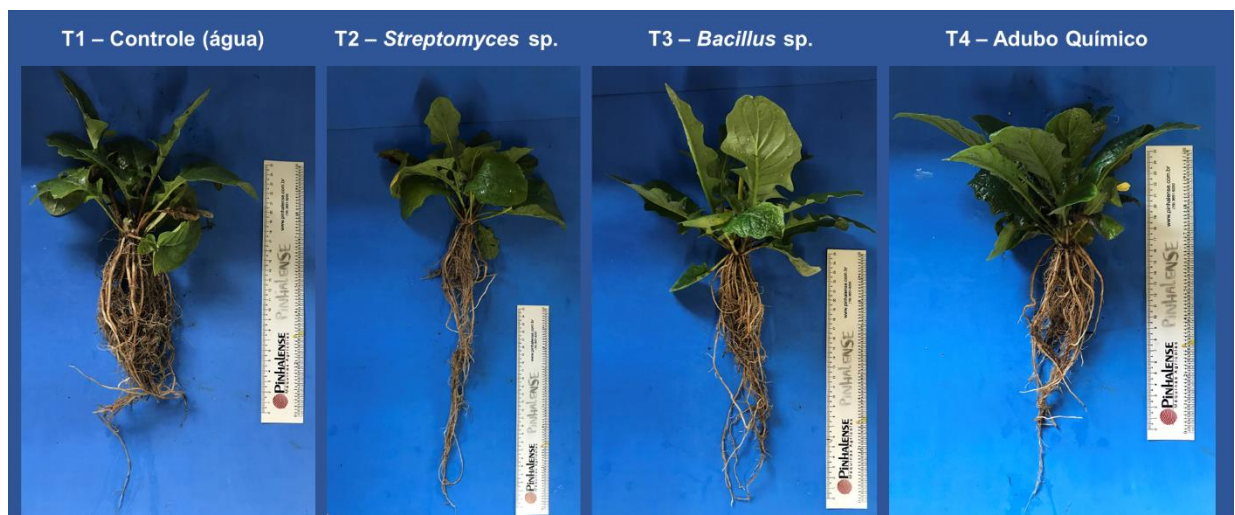
B. subtilis, *Streptomyces* sp. e o controle, proporcionando médias maiores e diferindo estatisticamente dos resultados em relação ao adubo químico que não apresentou diferença para essa variável (Figura 10).

Tabela 3 – Médias de crescimento da gérbera (*Gerbera jamesonii* L.) referente a terceira avaliação 78 dias após a inoculação (DAI) com microrganismos promotores de crescimento.

3ª Avaliação	NF (un.)	NR (un.)	CPA (cm)	CR (cm)	VR (mL)	MFPA (g)	MFR (g)	MSPA (g)	MSR (g)
T1 - Controle (água)	13,25 a	16,08 a	16,05 a	31,50 a	9,50 ab	17,64 a	21,24 a	1,97 a	3,77 a
T2 - <i>Streptomyces</i> sp.	12,50 a	15,75 a	15,28 a	34,88 a	11,58 ab	17,68 a	20,85 a	2,00 a	3,26 a
T3 - <i>Bacillus subtilis</i>	12,08 a	13,58 a	15,47 a	35,35 a	16,17 a	18,81 a	23,01 a	2,18 a	3,79 a
T4 - Adubo Químico	14,33 a	17,42 a	16,54 a	36,17 a	6,83 b	17,82 a	20,45 a	1,93 a	3,27 a
CV (%)	39,25	27,13	7,31	11,81	0,6	14,79	18,06	16,34	23,65
p	0,7211	0,1875	0,5012	0,4829	0,0047	0,943	0,748	0,7904	0,7997

Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$). NF: número de folhas (un); NR: número de raízes (un); CPA: comprimento da parte aérea (cm); CR: comprimento de raiz (cm); VR: volume de raiz (mL); MFPA: massa fresca da parte aérea (g); MFR: massa fresca de raiz (g); MSPA: massa seca da parte aérea (g); MSR: massa seca de raiz (g).

Figura 10 – Terceira avaliação da gérbera (*Gerbera jamesonii* L.) 78 dias após a inoculação (DAI) com microrganismos promotores de crescimento. Londrina, 2020.



Fonte: Próprio autor.

Como fora evidenciado ao longo das avaliações e de acordo com a análise de variância, houve efeitos isolados durante as avaliações com a aplicação

dos microrganismos promotores de crescimento, não diferindo estatisticamente do tratamento controle e da adubação química. Não existiu tendência de crescimento ao longo dos dias após a inoculação, as médias sobem e descem, independente do tratamento a qual a planta fora submetida, não havendo desenvolvimento das plantas durante o período experimental.

De acordo com Freitas (2007), a colonização das raízes por microrganismos promotores de crescimento ocorre devido a concentração de nutrientes existentes no local em que a raiz se encontra, pois as rizobactérias nutrem-se dos exsudatos liberados pelas raízes, assim produzindo as substâncias que vão promover o crescimento da planta. Foi observado que desde o transplântio das mudas de gérbera (Figura 3) até o dia em que foi realizada a inoculação (Figura 4), um período de 48 dias, as plantas tiveram um bom crescimento e desenvolvimento, diferentemente do ocorrido após a inoculação, pois as mudas apresentavam alto vigor, juntamente com o substrato e as condições utilizadas em todos os tratamentos, bem como no controle, foram suficientes para manter o crescimento durante o período de ensaio. Tal fato nos coloca em questão o estado nutricional ter mitigado o efeito dos inoculantes e da adubação química a que foram submetidas.

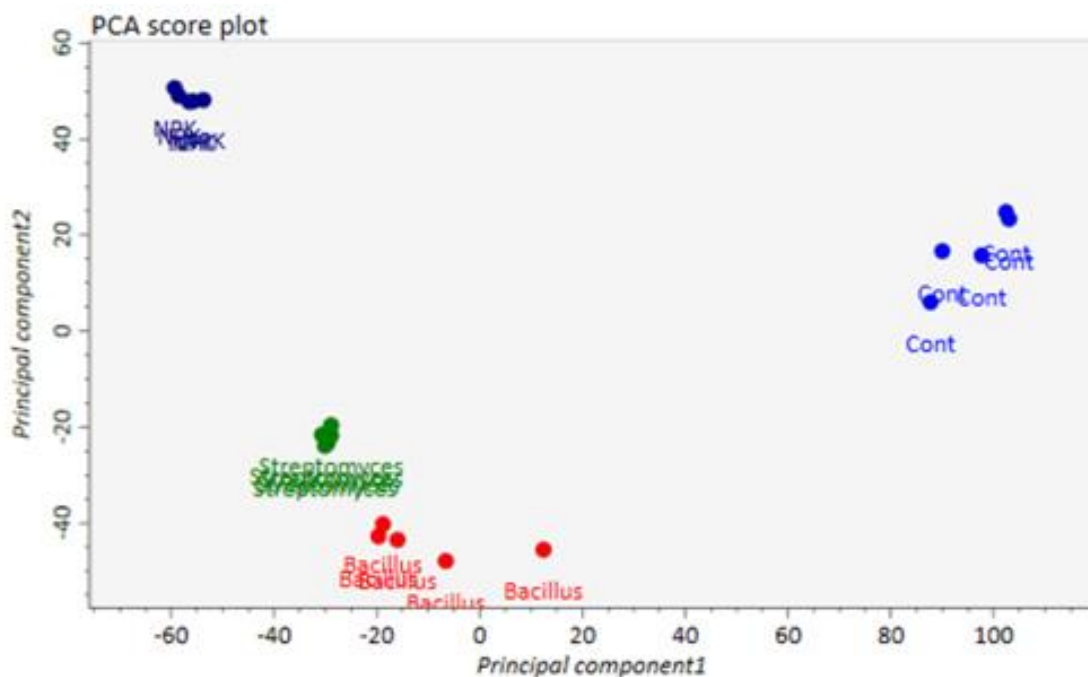
Cada tipo de cultura, dependendo de suas necessidades, fazem a seleção de microrganismos através da raiz (exsudatos) e, posteriormente, esses microrganismos colonizam o solo e tecidos internos da planta (HALLMANN et al., 1997; HARDOIM; VAN OVERBEEK; ELSAS, 2008).

Durante as avaliações percebe-se o incremento do volume radicular causado pela inoculação de *B. subtilis* (Tabela 1 e 3) sem que houvesse diferença no comprimento dessas raízes. Enquanto há diferença no comprimento de raiz quando as plantas foram inoculadas com *Streptomyces* sp (Tabela 2), mas sem interferir no volume radicular. Segundo Gutiérrez-Luna et al. (2010), o AIA quando liberado por microrganismos promotores de crescimento afeta, principalmente, o sistema radicular, aumentando seu tamanho e peso, número de ramificações e a área de superfície em contato com o solo.

Segundo os resultados obtidos na análise estatística, ressaltam a importância de se estudar os aspectos fisiológicos da gérbera para saber qual o melhor momento para fazer-se a inoculação com os microrganismos promotores de crescimento e quantas inoculações seriam necessárias para resultados satisfatórios.

Com a análise UPLC-MS foi possível correlacionar um conjunto de respostas e os tratamentos utilizados relacionados com o metabolismo do AIA (Figura 11). A avaliação do perfil dos metabólitos das amostras, encontra-se diferente em cada perfil de acordo com a inoculação, esses perfis metabólicos se agrupam consistentemente pelas repetições e se separam consistentemente pelos tratamentos, obtendo correlações positivas e negativas. Com avanços nas técnicas metabolômicas e as informações contidas em bancos de dados do metaboloma fornecem pistas para entender melhor a complexidade dos padrões de exsudação da raiz afetados pela interação planta-micróbios, bem como os mecanismos bioquímicos subjacentes (MHLONGO et al., 2018; KORENBLOM et al., 2020).

Figura 11 – Análise dos resultados metabolômicos das amostras em relação aos tratamentos.



5 CONCLUSÕES

Durante o período experimental não houve uma tendência de crescimento e desenvolvimento das plantas em relação aos tratamentos, sugere-se que novos estudos sejam realizados e que as plantas utilizadas no experimento sejam acompanhadas desde a germinação para maior controle do estudo.

Quanto a análise por UPLC-MS, foi possível verificar alguns compostos presentes relacionados ao metabolismo do AIA, porém maiores análises deverão ser realizadas para identificação e quantificação desses compostos.

REFERÊNCIAS

- AHEMAD, M. Implications of bacterial resistance against heavy metals in bioremediation: a review. **IIOABJ**, v. 3, n. 3, p. 39-46, 2012.
- ARCE, K.; BOZZANO, A.F.; GOLDBERG, A.J.; GUALANDRA, G.J.; ROSSO, M.J. **Determinación de la productividad y calidad comercial de distintas variedades de la especie *Gerbera jamesonii* en la Provincia de Córdoba, Argentina.** Trabalho de Conclusão de Curso. p. 45, 2017.
- AVANCI, N.C.; LUCHE, D.D.; GOLDMAN, G.H.; GOLDMAN, M.H.S. Jasmonates are phytohormones with multiple functions, including plant defense and reproduction. **Genetics and Molecular Research**, v. 9, n. 1, p. 484-505, 2010.
- BABALOLA, O.O. Beneficial bacteria of agricultural importance. **Biotechnology Letters**, v. 32, n. 11, p. 1559-1570, 2010.
- BAGHEL, M.; NAGARAJA, A.; SRIVASTAV, M.; MEENA, N.K.; KUMAR, M.S.; KUMAR, A.; SHARMA, R.R. Pleiotropic influences of brassinosteroids on fruit crops: a review. **Plant Growth Regulation**, v. 87, n. 2, p. 375-388, 2019.
- BALDOTTO, L.E.B., BALDOTTO, M.A., OLIVARES, F.L., VIANA, A.P., BRESSAN-SMITH, R. Seleção de bactérias promotoras de crescimento no abacaxizeiro cultivar Vitória durante a aclimatização. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 2, p. 349-360, 2010.
- BHATTACHARYYA, P.N.; JHA, D.K. Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): emergence in agriculture. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, Oxford, v. 28, n. 4, p. 1327–1350, 2012.
- CAMPOS SILVA, J.R.; SOUZA, R.M.; ZACARONE, A.B.; SILVA, L.H.C.P.; CASTRO, A.M.S. Bactérias endofíticas no controle e inibição *in vitro* de *Pseudomonas syringae* pv. tomato, agente da pinta bacteriana do tomateiro. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 4, p. 1062-1072, 2008.
- CARDOSO, R.D.L.; GRANDO, M.F.; BASSO, S.M.S.; SEGEREN, M.I.; AUGUSTIN, L.; SUZIN, M. Chromosome number, pollen viability and gerbera hybridization.

Horticultura Brasileira, v. 27, p. 40-44, 2009.

CASTRO, P.R.C.; VIEIRA, E.L. **Aplicações de reguladores vegetais na agricultura tropical**. 1ª ed. Editora Guaíba: Agropecuária. p. 132, 2001.

DAVIES, P.J. The plant hormones: their nature, occurrence, and functions. In: **Plant hormones**. Springer, Dordrecht, 2010. p. 1-15.

DE LA TORRE-RUIZ, N.; RUIZ-VALDIVIEZO, V.M.; RINCÓN-MOLINA, C.I., RODRÍGUEZ-MENDIOLA, M.; ARIAS-CASTRO, C.; GUTIÉRREZ-MICELI, F.A.; PALOMEQUE-DOMINGUEZ, H.; RINCÓN-ROSALES, R. Effect of plant growth-promoting bacteria on the growth and fructan production of *Agave americana* L. **Brazilian Journal of Microbiology**. v. 47, n. 3, p. 587-596, Abr. 2016.

DE MELO, N.F. Introdução aos hormônios e reguladores de crescimento vegetal. In: Embrapa Semiárido-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: SEMINÁRIO CODA DE NUTRIÇÃO VEGETAL, 1., 2002, Petrolina. **Anais...** Petrolina: CODA, p. 18, 2002.

DENG, Z.; BHATTARAI, K. Gerbera. In: VAN HUYLENBROECK, J. (Ed.) **Ornamental Crops**. Handbook of Plant Breeding. v. 11. Dordrecht, The Netherlands: Springer, 2018, p. 407-438.

DIAZ, P.A.E. **Bacillus spp. como promotores de crescimento na cultura do algodão**. Jaboticabal, 46 p., 2018.

FERNANDES, V.L.P. **Estudo florístico da família Asteraceae no Rio Grande do Sul, Brasil**. In: Salão UFRGS, 2015.

FERREIRA, E.P.B.; KNUPP, A.M.; MARTIN-DIDONET, C.C.G. Crescimento de cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) influenciado pela inoculação com bactérias promotoras de crescimento de plantas. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 3, Mai/Jun 2013.

FIGUEIREDO, M.V.B.; SELDIN, L.; ARAUJO, F.F.; MARIANO, R.L.R. Plant growth promoting rhizobacteria: fundamentals and applications. In: MAHESHWARI, D.K. **Plant growth and health promoting bacteria**. Heidelberg: Springer-Verlag, 2011, p. 21-42.

FINKELSTEIN, R. Abscisic acid synthesis and response. **The Arabidopsis Book**, v.

11, 2013.

FUNK, V.A., SUSANNA, A., STUESSY, T.F. & ROBINSON, H. Classification of Compositae. *In*: V.A. FUNK et al. (eds.) **Systematics, Evolution, and Biogeography of Compositae**. International Association for Plant Taxonomy, Vienna, 2009, p. 171 – 189.

GALDIANO JR, R.F. **Isolamento, identificação e inoculação de bactérias produtoras de auxinas associadas às raízes de orquídeas**. Jaboticabal, 67 p., 2009.

GARCIA, F.; FERREIRA, L.; BORGES, R. **Fundamentos**. Disponível em: <http://labvirtual.eq.uc.pt/siteJoomla/index.php?option=com_content&task=view&id=103&Itemid=451>. Acesso em: 22 jul. 2020.

GÍRIO, L.A.S., DIAS, F.L.F., REIS, V.M., URQUIAGA, S., SCHULTZ, N. BOLONHEZI, D., MUTTON, M.A. Bactérias promotoras de crescimento e adubação nitrogenada no crescimento inicial de cana-de-açúcar proveniente de mudas pré-brotadas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, n. 1, p. 33-43, 2015.

GUERREIRO, R.T. **Seleção de *Bacillus* spp. promotores de crescimento de milho**. Universidade do Oeste Paulista, 67 p., 2009.

GUERRERO, A.C.; FERNANDES, D.M.; LUDWIG, F. Acúmulo de nutrientes em gérbera de vaso em função de fontes e doses de potássio. **Horticultura Brasileira**. v. 30, N. 2, p. 201-208, 2012.

HALLMANN, J.; QUADT-HALLMANN, A.; MAHAFFEE, W.F.; KLOEPPER, J.W. Bacterial endophytes in agricultural crops. **Canadian Journal of Microbiology**, v.43, n. 10, p. 895-914, 1997.

HAMMAMI, H.; BORMANN, J.; M'HAMDI, N.; MONTALDO, H.H.; GENGLER, N. Evaluation of heat stress effects on production traits and somatic cell score of Holsteins in a temperate environment. **Journal of Dairy Science**, v. 96, n. 3, p. 1844-1855, Jan. 2013.

HAUSE, B.; DEMUS, U.; TEICHMANN, C.; PARTHIER, B.; WASTERACK, C.

Developmental and tissue-specific expression of JIP-23, a jasmonate-inducible protein of barley. **Plant and Cell Physiology**, v. 37, n. 5, p. 641-649, 1996.

HORVÁTH, E; PÁL, M; SZALAI, G; PÁLDI, E.; JANDA, T. Exogenous 4- hydroxybenzoic acid and salicylic acid modulate the effect of short-term drought and freezing stress on wheat plants. **Biologia Plantarum**, v.51, n.3, p. 480-487, 2007.

HU, W.H., YAN, X.H., XIAO, Y.A., ZENG, J.J., QI, H.J., & OGWENO, J.O. 24-Epibrassinosteroid alleviate drought-induced inhibition of photosynthesis in *Capsicum annum*. **Scientia Horticulturae**, v. 150, p. 232-237, 2013.

INFOAGRO. **El cultivo de la gérbera**. Disponível em: < <https://www.infoagro.com/flores/flores/gerbera.htm>>. Acesso em: 20 jul. 2020.

KORENBLUM, E.; DONG, Y.; SZYMANSKI, J.; PANDA, S.; JOZWIAK, A.; MASSALHA, H. Rhizosphere microbiome mediates systemic root metabolite exudation by root-to-root signaling. **Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A**, v. 117, p. 3874-3883, 2020.

LAVAGNINI, C.G.; DI CARNE, C.A.V.; CORREA, F.; HENRIQUE, F.; TOKUMO, L.E.; SILVA, M.H.; SANTOS, P.C.S. Fisiologia vegetal - Hormônio giberelina. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, Garças, v. 25, n. 1, p. 48-52, Jun 2014.

LEELASUPHAKUL, W.; HEMMANEE, P.; CHUENCHITT, S. Growth inhibitory properties of *Bacillus subtilis* strains and their metabolites against the green mold pathogen (*Penicillium digitatum* Sacc.) of citrus fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 48, n. 1, p. 113-121, Abr. 2008.

LI, Q.; NING, P.; ZHENG, L.; HUANG, J.; LI, G.; HSIANG, T. Effects of volatile substances of *Streptomyces globisporus* JK-1 on control of *Botrytis cinerea* on tomato fruit. **Biological Control**, v. 61, n. 2, p.113-120, Mai. 2012.

LIMA, J.V.; LOBATO A. K. S. Brassinosteroids improve photosystem II efficiency, gas exchange, antioxidant enzymes and growth of cowpea plants exposed to water deficit. **Physiol Mol Biol Plants**, v. 23, n. 1, p. 59-72, jan. 2017.

LUDWIG, F. **Cultivares de gérbera (*Gerbera jamesonii* L.), em vaso, sob dois níveis de fertirrigação**. Botucatu, 2007.

MAITRA, S.; SHANKAR, T.; SAIRAM, M.; PINE, S. Evaluation of gerbera (*Gerbera jamesonii* L.) cultivars for growth, yield and flower quality under protected cultivation. **Indian Journal of Natural Sciences**, v. 10, n. 60, p. 20271-20276, Jun. 2020.

MENEGAES, J.; BACKES, F.; BELLÉ, R.; BACKES, R. Diagnóstico do mercado varejista de flores de Santa Maria, RS. **Ornamental Horticulture**, v.21, n.3, p.291-298, Dez. 2015.

MHLONGO, M.I.; PIATER, L.A.; MADALA, N.E.; LABUSCHAGNE, N.; DUBERY, I.A. The chemistry of plant-microbe interactions in the rhizosphere and the potential for metabolomics to reveal signaling related to defense priming and induced systemic resistance. **Front. Plant Science**, v. 9, p. 1-17, 2018.

MICHOPOULOS, F.; LAI, L.; GIKA, H.; THEODORIDIS, G.; WILSON, I. UPLC-MS-based analysis of human plasma for metabolomics using solvent precipitation or solid phase extraction. **Journal of Proteome Research**, v. 8, n. 4, p. 2114-2121, Abr. 2009.

MUNEMASA, S.; HAUSER, F.; PARK, J.; WAADT, R.; BRANDT, B.; SCHROEDER, J. Mechanisms of abscisic acid-mediated control of stomatal aperture. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 28, p. 154-162, Dez. 2015.

NATAL, C.C. A família das margaridas no Parque Estadual do Guartelá, Tibagi, Paraná, Brasil. **Aprendendo Ciência**, v. 7, n. 1, p. 01 – 04. 2017.

OLIVEIRA, G.R.F.; SILVA, M.S.; MARCIANO, T.Y.F.; PROENÇA, S.L.; SÁ, M.E. Crescimento inicial do feijoeiro em função do vigor das sementes e inoculação com *Bacillus subtilis*. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, v. 10, n. 4, p. 439-448, 2016.

OLIVEIRA, M.F. de; SILVA, M.G. da; VAN DER SAND, S.T. Anti-phytopathogen potential of endophytic actinobacteria isolated from tomato plants (*Lycopersicon esculentum*) in southern Brazil, and characterization of *Streptomyces* sp. R18(6), a potential biocontrol agent. **Research in Microbiology**, v. 161, ed. 7, p. 565–572, Set. 2010.

PALANIYANDI, S.A.; YANG, S.H.; SUH, J.W. Extracellular proteases from *Streptomyces phaeopurpureus* ExPro138 inhibit spore adhesion, germination and appressorium formation in *Colletotrichum coccodes*. **Journal of Applied Microbiology**, v. 115, n. 1, p. 207–217, Abr. 2013a.

PALANIYANDI, S.A.; YANG, S.H.; ZHANG, L.; SUH, J. Effects of actinobacteria on plant disease suppression and growth promotion. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 97, n. 22, p. 9621–9636, Out. 2013b.

PATTEN, C.L.; GLICK, B.R. Bacterial biosynthesis of indole-3-acetic acid. **Canadian Journal of Microbiology**, v. 42, p. 207-220, 1996.

PATTEN, C. L.; GLICK, B. R. Role of *Pseudomonas putida* indoleacetic acid in development of the host plant root system. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 68, n. 8, p. 3795–801, 2002.

PEIXOTO, P.H.P.; PIMENTA, M.R.; REIS, L.B. dos. **Fisiologia vegetal: uma abordagem prática em multimídia**. Universidade Federal de Juíz de Fora. Disponível em: <<https://www.ufjf.br/fisiologiavegetal/files/2018/07/Manual-de-Aulas-Pr%C3%A1ticas-Fisiologia-Vegetal.pdf>>. Acesso em: 25 jul. 2020.

PETRI, J.L.; HAWERROTH, F.J.; LEITE, G.B.; SEZERINO, A.A.; COUTO, M. **Reguladores de crescimento para frutíferas de clima temperado**. 1ª ed. Florianópolis: Editora Epagri, 2016.

RAGAZZO-SÁNCHEZ, J.A.; ROBLES-CABRERA, A.; LOMELÍ-GONZÁLEZ, L.; LUNASOLANO, G.; CALDERÓN-SANTOYO, M. Selección de cepas de *Bacillus* spp. productoras de antibióticos aisladas de frutos tropicales. **Revista Chapingo**, Série Horticultura, v. 17, n. SPE1, p. 5-11, 2011.

RITTER, M.R.; BAPTISTA, L.R.M. Levantamento florístico da família Asteraceae na “Casa de Pedra” e áreas adjacentes, Bagé, Rio Grande do Sul. **Iheringia**, Série Botânica, v. 60, n. 1, p. 5-10, 2005.

RODRIGUES, J.D.; FIOREZE, S.L. Reguladores são, para muitos cultivos, indispensáveis ao alcance de bons níveis. **Visão Agrícola**, Piracicaba-SP, v. 13, n. 1, p. 35-39, Jul/Dez. 2015.

ROQUE, N.; NAKAJIMA, J.; HEIDEN, G.; MONGE, M.; RITTER, M.R.; LOEUILLE, B.F.P.; CHRIST, A.L.; REBOUÇAS, N.C.; CASTRO, M.S.; SAAVEDRA, M.M.; TELES, A.M.; GANDARA, A.; MARQUES, D.; BRINGEL JR., J.B.A.; ANGULO, M.B.; SANTOS, J.U.M.D.; SOUZA-BUTURI, F.O.; ALVES, M.; SANCHO, G.; REIS-SILVA, G. A.; VOLET, D.P.; HATTORI, E.K.O.; PLOS, A.; SIMÃO-BIANCHINI, R.; RIVERA, V.L.; MAGENTA, M.A.G.; SILVA, G.H.L.; ABREU, V.H.R.; GROSSI, M.A.; AMORIM, V.O.; SCHNEIDER, A.A.; CARNEIRO, C.R.; BORGES, R.A.X.; SINISCALCHI, C.M.; BUENO, V.R.; VIA DO PICO, G.M.; ALMEIDA, G.S.S.; FREITAS, F.S.; DEBLE, L.P.; MOREIRA, G.L.; CONTRO, F.L.; GUTIÉRREZ, D.G.; SOUZA-SOUZA, R.M.B.; VIERA BARRETO, J.N.; SOARES, P.N.; QUARESMA, A.S.; PICANÇO, W.L.; FERNANDES, F.; MONDIN, C.A.; SALGADO, V.G.; KILIPPER, J.T.; FARCO, G.E.; RIBEIRO, R.N.; WALTER, B.M.T.; LORENCINI, T.S.; FERNANDES, A.C.; SILVA, L.N.; BARCELOS, L.B.; BARBOSA, M.L.; BAUTISTA, H.P.; CASAS, J.C.; DEMATTEIS, M.; FERREIRA, S.C.; HIRIART, F.D.; MORAES, M.D.; SEMIR, J. (*in memoriam*). 2020. **Asteraceae in Flora do Brasil 2020**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB55>>. Acesso em: 08 jul. 2020.

SADEGHI, A.; KARIMI, E.; DAHAJI, P.A.; JAVID, M.G.; DALVAND, Y.; ASKARI, H. Plant growth promoting activity of an auxin and siderophore producing isolate of *Streptomyces* under saline soil conditions. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 28, n. 4, p. 1503–1509, 2012.

SALLA, T.D.; SILVA, R. da; ASTARITA, L.V.; SANTARÉM, E.R. *Streptomyces* rhizobacteria modulate the secondary metabolism of *Eucalyptus* plants. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 85, p.14–20, Dez 2014.

SÁNCHEZ, G.R.; MERCADO, E.C.; PEÑA, E.B.; CRUZ, H.R.; PINEDA, E.G. El ácido salicílico y su participación en la resistencia a patógenos en plantas. **Revista de la DES Ciencias Biológico Agropecuarias**, v. 12, n. 2, p. 90-95, Dez. 2010.

SANTOS, J.F.; SACRAMENTO, B.L.; MOTA, K.N.A.B.; SOUZA, J.T.; AZEVEDO NETO, A.D. Crescimento de girassol em função da inoculação de sementes com bactérias endofíticas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 44, n. 2, p. 142-150, Jun. 2014.

SCHAUER, N.; STEINHAUSER, D.; STRELKOV, S.; SCHOMBURG, D.; ALLISON, G., MORITZ, T.; LUNDGREN, K.; ROESSNER-TUNALI, U.; FORBES, M.G.; WILLMITZER, L.; FERNIE, A.R.; KOPKA, J. GC-MS libraries for the rapid identification of metabolites in complex biological samples. **FEBS letters**, v. 579, n. 6, p. 1332-1337, 2005.

SCHREY, S.D.; TARKKA, M.T. Friends and foes: streptomycetes as modulators of plant disease and symbiosis. **Antonie Van Leeuwenhoek**, v. 94, n. 1, p. 11-19, Jun. 2008.

SKOOG, D.A.; HOLLER, F.J.; NIEMAN, T.A. **Princípios de Análise Instrumental**. Ed.5. Porto Alegre: Bookman, 836 p., 2002.

SNYDER, L.R.; KIRKLAND, J.J.; DOLAN, J.W. **Introduction to modern liquid chromatography**. Ed. 3. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, 2011.

SOLANO, B.R.; BARRIUSO, J; GUTIERREZ-MANERO, F.J. Physiological and molecular mechanisms of plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR). In: AHMAD, I.; PICHTEL, J.; HAYAT, S. **Plant-Bacteria Interactions** - strategies and techniques to promote plant growth. Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co., p.41-54, 2008.

SPARKMAN, O.D. Mass spectrometry desk reference. **Journal of the American Society for Mass Spectrometry**, v. 11, n. 12, p. 1144, 2000.

SULZBACH, M.; OTT, R.; SCHAFER, G.; OTT, A.P. Abundância e sazonalidade do ácaro-rajado em cultivares de gérbera. **Ciência Rural**, v.45, n. 4, p. 578-584, Abr. 2015.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Ed. 6. Porto Alegre: Artmed, 2017.

TARKKA, M.T.; LEHR, N.A.; HAMPP, R.; SCHREY, S.D. Plant behavior upon contact with streptomycetes. **Plant Signaling & Behavior**, v. 3, n. 11, p. 917-919, Mai. 2008.

TSAVKELOVA, E.A.; CHERDYNTSEVA, T.A.; KLIMOVA, S.Y.; SHESTAKOV, A.I.; BOTINA, S.G.; NETRUSOV, A.I. Orchid-associated bacteria produce indole-3-acetic acid, promote seed germination, and increase their microbial yield in response to

exogenous auxin. **Archives of Microbiology**, v. 188, n. 6, p. 655-664, 2007.

VAN ALTVORST, A.C.; BOVY, A.G. The role ethylene in the senescence of carnation flowers, a review. **Plant Growth Regulation**, v. 16, p. 43-53, 1995.

VERESOGLOU, S.D.; MENEXES, G. Impact of inoculation with *Azospirillum* spp. on growth properties and seed yield of wheat: a meta-analysis of studies in the ISI Web of Science from 1981 to 2008. **Plant and Soil**, v. 337, p. 469-480, Set. 2010.

VRIET, C.; RUSSINOVA, E.; REUZEAU, C. From squalene to brassinolide: the steroid metabolic and signaling pathways across the plant kingdom. **Molecular Plant**, v. 6, n. 6, p. 1738-1757, Nov. 2013.

WACHOWICZ, C.M.; CARVALHO, R.I.N. **Fisiologia vegetal: produção e pós-colheita**. Curitiba: Editora Universitária Champagnat, p. 424, 2002.

WANG, Z.; WANG, C.; LI, F.; LI, Z.; CHEN, M. WANG, Y.; QIAO, X.; ZHANG, H. Fumigant activity of volatiles from *Streptomyces alboflavus* TD-1 against *Fusarium moniliforme* Sheldon. **Journal of Microbiology**, v. 51, n. 4, p. 477– 483, Ago. 2013.

WANI, S.H.; KUMAR, V. Plant stress tolerance: engineering ABA: a potent phytohormone. **Transcriptomics**, v. 3, n. 2, p. 1000113. 2015.

WEBER, D; ELOY, J; TIMN, B.G; BARBOSA, M.M; SAAVEDRA, S. J; FACHINELLO, J.C. Ácido salicílico e refrigeração na conservação de maracujás. **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**, v. 13, n. 2, p. 123-129, 2012.

WEI, Z.; LI, J. Brassinosteroids regulate root growth, development, and symbiosis. **Molecular Plant**, v. 9, n. 1, p. 86-100, Jan. 2016.

WURST, M.; SEMERDŽIEVA, M.; VOKOUN, J. Analysis of psychotropic compounds in fungi of the genus *Psilocybe* by reversed-phase high-performance liquid chromatography. **Journal of Chromatography**, v. 286, p. 229-235, 1984.

ZULUAGA, M.Y.A.; MILANI, K.M.L.; GONÇALVES, L.S.A.; OLIVEIRA, A.L.M. Diversity and plant growth-promoting functions of diazotrophic/N-scavenging bacteria

isolated from the soils and rhizospheres of two species of *Solanum*. **Plos One.** v. 15, n. 1, p. 1-25, Jan. 2020.