

GUSTAVO DE SOUZA MARQUES MUNDIM

Potencial do fungo *Aspergillus niger* como promotor de crescimento de mudas de hortaliças

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Informações Geospaciais da Universidade Federal de Uberlândia, *Campus* Monte Carmelo, como parte das exigências para obtenção do título de “Mestre”.

Orientador

Prof. Dr. Gilberto de Oliveira Mendes

Coorientador

Prof. Dr. Gabriel Mascarenhas Maciel

MONTE CARMELO
MINAS GERAIS – BRASIL

2020

GUSTAVO DE SOUZA MARQUES MUNDIM

Potencial do fungo *Aspergillus niger* como promotor de crescimento de mudas de hortaliças

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Informações Geoespaciais da Universidade Federal de Uberlândia, *Campus* Monte Carmelo, como parte das exigências para obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 18 de dezembro de 2020

Banca examinadora

Prof. Dr. Bruno Coutinho Moreira	(UNIVASF)
Prof. Dr. Gabriel Mascarenhas Maciel	(UFU)
Prof. Dr. Gilberto de Oliveira Mendes	(UFU)

GILBERTO DE OLIVEIRA MENDES
ICIAG - INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS (UFU)

MONTE CARMELO
MINAS GERAIS – BRASIL
2020

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

M965 2020	<p>Mundim, Gustavo de Souza Marques, 1991- Potencial do fungo <i>Aspergillus niger</i> como promotor de crescimento de mudas de hortaliças [recurso eletrônico] : - / Gustavo de Souza Marques Mundim. - 2020.</p> <p>Orientador: Gilberto de Oliveira Mendes. Coorientador: Gabriel Mascarenhas Maciel. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Agricultura e Informações Geoespaciais. Modo de acesso: Internet. Disponível em: http://doi.org/10.14393/ufu.di.2020.844 Inclui bibliografia.</p> <p>1. Agronomia. I. Mendes, Gilberto de Oliveira, 1983-, (Orient.). II. Maciel, Gabriel Mascarenhas, 1982-, (Coorient.). III. Universidade Federal de Uberlândia. Agricultura e Informações Geoespaciais. IV. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDU: 631</p>
--------------	--

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:

Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
 Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Informações
 Geoespaciais
 Rodovia LMG 746, Km 01, s/nº, Bloco 1AMC, Sala 1A202, Monte Carmelo-MG, CEP 38.500-000
 Telefone: (34) 3810-1033 - ppgaig@iciag.ufu.br



ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	Agricultura e Informações Geoespaciais				
Defesa de:	Dissertação de Mestrado				
Data:	18/12/2020	Hora de início:	8:00	Hora de encerramento:	10:50
Matrícula do Discente:	31922AIG005				
Nome do Discente:	Gustavo de Souza Marques Mundim				
Título do Trabalho:	Potencial do fungo <i>Aspergillus niger</i> como promotor de crescimento de mudas de hortaliças				
Área de concentração:	Informações geoespaciais e tecnologias aplicadas à produção agrícola				
Linha de pesquisa:	Sistemas integrados de produção vegetal				

Reuniu-se na sala virtual Google Meet (<https://meet.google.com/hop-ubkm-osy>) a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Agricultura e Informações Geoespaciais, assim composta: Dr. Gabriel Mascarenhas Maciel (UFU), Dr. Bruno Coutinho Moreira (UNIVASF - Universidade Federal do Vale do São Francisco), Dr. Gilberto de Oliveira Mendes (UFU) – orientador(a) do(a) candidato(a).

Iniciando os trabalhos o(a) presidente da mesa, Dr. Gilberto de Oliveira Mendes, apresentou a Comissão Examinadora e o(a) candidato(a), agradeceu a presença do público, e concedeu ao(à) Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do(a) Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir o(a) presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos(às) examinadores(as), que passaram a arguir o(a) candidato(a). Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o(a) candidato(a):

Aprovado.

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Gabriel Mascarenhas Maciel, Professor(a) do Magistério Superior**, em 18/12/2020, às 10:51, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).

Documento assinado eletronicamente por **Gilberto de Oliveira Mendes, Presidente**, em 18/12/2020, às 10:51, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8](#)



[de outubro de 2015.](#)



Documento assinado eletronicamente por **Bruno Coutinho Moreira, Usuário Externo**, em 18/12/2020, às 10:53, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.](#)



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **2465706** e o código CRC **021C2931**.

BIOGRAFIA

Gustavo de Souza Marques Mundim nasceu em Monte Carmelo, Minas Gerais, Brasil, 1991. Graduado em Agronomia pela Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Campus Monte Carmelo, Minas Gerais, Brasil em 2016. Interessa-se na área de Microbiologia do solo e Informações Geoespaciais, com foco em microrganismos promotores de crescimento de plantas e solubilizadores de fosfato.

SUMÁRIO

RESUMO	i
ABSTRACT	ii
INTRODUÇÃO.....	1
MATERIAL E MÉTODOS.....	2
Delineamento experimental.....	2
Preparo de inoculantes de <i>Aspergillus niger</i>	4
RESULTADOS	6
DISCUSSÃO	12
CONCLUSÕES	15
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	15

RESUMO

MUNDIM, GUSTAVO DE SOUZA MARQUES. **Potencial do fungo *Aspergillus niger* como promotor de crescimento de mudas de hortaliças.** 2020, 21 páginas. Dissertação (Mestrado em Agricultura e Informações Geoespaciais) – Universidade Federal de Uberlândia, Campus Monte Carmelo, Minas Gerais, Brasil. DOI: <http://doi.org/10.14393/ufu.di.2020.844>

O objetivo desse trabalho foi avaliar o potencial do fungo *Aspergillus niger* como promotor de crescimento de mudas de hortaliças. O experimento foi realizado em esquema fatorial 2 x 2 + 1, sendo duas concentrações de conídios (10^2 e 10^6 conídios por planta) aplicadas de duas formas, tratamento de sementes e formulação granular no sulco de plantio e um controle não inoculado. A aplicação foi realizada no dia do plantio e o experimento conduzido em casa de vegetação em substrato a base de fibra de coco. A avaliação das diversas espécies de olerícolas em estudo foram conduzidas em experimento independentes, capazes de proporcionar maior espectro de resposta quanto ao potencial do fungo. Após o período de produção de muda de cada espécie, avaliou-se o comprimento de parte aérea, diâmetro de caule, volume de raiz, massa fresca de parte aérea, massa fresca do sistema radicular, massa seca de parte aérea, massa seca do sistema radicular, massa seca total e comprimento total de raiz. Em todas as culturas, as mudas tratadas com o fungo, independente da dose e da forma de aplicação, apresentaram crescimento superior às não tratadas. O maior incremento relativo decorrente do tratamento com o fungo foi observado na parte aérea das culturas analisadas, aumentando a produção de massa fresca de parte aérea da alface (61%), couve (40%), jiló (101%), melancia (38%), melão (16%), pimentão (92%) e tomate (42%). Assim, os resultados demonstram que *A. niger* promove o crescimento de todas as culturas analisadas, apresentando-se como promissora opção de bioinsumo para culturas olerícolas.

Palavras-chave: biofertilizante; produção de mudas; vigor; promoção de crescimento de plantas; bioinsumo

¹Orientador: Prof. Dr. Gilberto de Oliveira Mendes - UFU

ABSTRACT

MUNDIM, GUSTAVO DE SOUZA MARQUES. **Growth promotion of vegetable seedlings by *Aspergillus niger***. 2020, 21 pages. Dissertation (Master's Degree in Agriculture and Geospatial Information) – Federal University of Uberlândia, Campus Monte Carmelo, Minas Gerais, Brazil. DOI: <http://doi.org/10.14393/ufu.di.2020.844>

The objective of this study was to evaluate the potential of the fungus *Aspergillus niger* as a growth promoter of vegetable seedlings. The experiment was carried out in a 2 x 2 + 1 factorial scheme, with two doses of conidia (10^2 and 10^6 per plant) applied in two inoculation methods, seed treatment and in-furrow granular application, and an uninoculated control. The application was carried out on the day of planting, and the experiment conducted in greenhouse in substrate based on coconut fiber. Seven vegetables were evaluated in independent experiments, capable of providing a high spectrum of response to the fungus potential. The growth parameters evaluated were shoot length, stem diameter, root volume, fresh shoot mass, fresh root mass, shoot dry mass, root dry mass, total dry mass, and total root length. Regardless of dose and inoculation method, the seedlings treated with *A. niger* showed higher growth than the untreated ones for all crops. The largest relative increase promoted by the fungus was observed for the aerial part of the analyzed crops, increasing the production of the fresh shoot mass of lettuce (61%), kale (40%), scarlet eggplant (101%), watermelon (38%), melon (16%), pepper (92%) and tomato (42%). The results observed in the present study show that *A. niger* boosts the growth of all analyzed crops, presenting as a promising bio-input for horticultural crops.

Keywords: biofertilizer; seedling production; seedling vigor; plant growth promotion; bio-input

¹Adviser: Prof. Dr. Gilberto de Oliveira Mendes - UFU

INTRODUÇÃO

O mercado brasileiro de mudas hortaliças é extremamente relevante e promissor com o mercado de semente girando em torno de R\$ 900 milhões (ABCSEM, 2010). O custo de produção de mudas varia de acordo com o sistema de produção e o grau de tecnificação empregado, as despesas em sistemas orgânicos variam de acordo com a espécie empregada, alcançando 0,3 e 4,59% para as culturas do tomate e pimentão em relação ao custo final de produção destas culturas (NASCIMENTO; PEREIRA, 2016).

A agricultura orgânica é um mercado em ascensão com mais de 100 países apoiando publicamente os padrões orgânicos para produção de alimentos sustentáveis (SEUFERT; RAMANKUTTY; MAYERHOFER, 2017). Esses padrões são estabelecidos pela Internacional Federation of Organic Agriculture Movements (IFOAM) e a utilização de microrganismos é uma necessidade protetiva para o desenvolvimento da cultura (MEEMKEN; QAIM, 2018).

As culturas olerícolas caracterizam-se por serem suscetíveis a diversas perdas, necessitando de grandes quantidades de fitossanitários, fertilizantes e água (MARTIN-GORRIZ et al., 2020). Nesse cenário orgânico, a utilização de microrganismos tem sido apontada como alternativa para superar problemas relacionados à salinidade do solo, fertilidade, degradação e perda de habitat (GLICK, 2010), estimulando a produção sem aportes de fertilizantes químicos e outros fitossanitários.

Os microrganismos promotores de crescimento de plantas (MPCP) representam um grupo caracterizado por potencializar o desempenho vegetal, seja pela produção de fitormônios, fixação de nitrogênio, produção de sideróforos ou solubilização de nutrientes (P, K, Zn etc.) (PANDEY et al., 2019). Dentre os fitormônios produzidos por MPCP, destacam-se o ácido indolacético e ácido giberélico, estando envolvidos na promoção de crescimento radicular e da parte aérea vegetal (LUBNA et al., 2018). Alguns trabalhos relatam bactérias promotores de crescimento em culturas olerícolas (ADHIKARI et al., 2017; CORDERO et al., 2018; GARCÍA-GUTIÉRREZ et al., 2012; KALAM; BASU; PODILE, 2020; SILVA et al., 2021; SRIPONTAN et al., 2014; TAKISHITA; CHARRON; SMITH, 2018; WONGLOM; ITO; SUNPAPAO, 2020; ZULUAGA et al., 2021). Por outro lado, trabalhos com fungos promotores de crescimento são principalmente relacionados a fungos do gênero *Trichoderma* (BONONI et al., 2020; CHAGAS et al., 2017; SILVA et al., 2021; WONGLOM; ITO; SUNPAPAO, 2020).

O fungo *Aspergillus niger* é uma alternativa a ser estudada, por se tratar de um microrganismo multifuncional com capacidade de solubilizar minerais fosfáticos (MENDES et

al., 2017; VASSILEV et al., 2015), além de sua habilidade de produzir fitormônios como ácido indolacético e giberélico (LUBNA et al., 2018). Microrganismos multifuncionais apresentam diferentes mecanismos de promoção de crescimento e, por isso, são capazes de auxiliar a planta sob distintas condições de estresse. Costa et al. (2020) demonstraram que em solos deficientes em fósforo o MPCP atua na solubilização do elemento, enquanto em solos com níveis de nutrientes adequados predomina a produção de fitormônios. Assim, esse isolado de *Aspergillus niger* de estudo é caracterizado como microrganismos multifuncional podendo auxiliar a produção de mudas olerícolas sustentáveis, uma vez que o seu potencial de solubilização de fosfato (COSTA et al., 2013; MENDES et al., 2014, 2015, 2017) e na promoção de crescimento de plantas (ARAÚJO et al., 2020) já foi comprovado. Assim, o objetivo dessa pesquisa foi avaliar o potencial do fungo *A. niger* como promotor de crescimento de mudas de hortaliças.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Estação Experimental de Hortaliças (altitude 873 m, 18°42'43,19" S e 47°29'55,8" O) e nas dependências do Laboratório de Microbiologia e Fitopatologia (LAMIF), vinculados ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia, campus Monte Carmelo.

As médias diárias de temperatura e umidade relativa do ar foram de 21,5 °C e 79,4%, durante todo o período de produção das mudas (SISMET, 2020).

Delineamento experimental

O experimento foi montado em esquema fatorial duplo com adicional (duas formas de inoculação, granular no sulco e tratamento de sementes *versus* duas doses de conídios de *A. niger* (10^2 e 10^6 conídios por planta) + testemunha sem *A. niger*) (Tabela 1). Foram avaliadas espécies de várias famílias de olerícolas em experimentos independentes capazes de proporcionar maior espectro de respostas quanto ao potencial do biofertilizantes. As olerícolas caracterizaram-se por duas cucurbitáceas (melão (*Cucumis melo* L.) e melancia (*Citrullus lanatus* Thumb. Mansf.)), três solanáceas (tomate (*Solanum lycopersicum* L.), pimentão (*Capsicum annuum* L.), jiló (*Solanum aethiopicum* L.)), uma asterácea (alface (*Lactuca sativa* L.)) e uma brassicácea (couve (*Brassica oleracea*)). O experimento foi montado em

delineamento de blocos casualizados, sendo 8 repetições, totalizando 40 parcelas. Cada parcela foi composta por oito plantas, totalizando 64 plantas por tratamento.

TABELA 1. Descrição dos tratamentos

Tratamentos	Forma de inoculação	Dose (nº conídios planta ⁻¹)
GR02	Granular no sulco	4 x 10 ²
GR06	Granular no sulco	4 x 10 ⁶
TS02	Tratamento de sementes	4 x 10 ²
TS06	Tratamento de sementes	4 x 10 ⁶
UNI	Não inoculado	0

A condução do experimento de hortaliças foi realizada em bandejas de poliestireno com 128 células (27,7 cm³ célula⁻¹), preenchidas com substrato comercial a base de fibra de coco (Technes, São Paulo, SP, Brasil). Os grânulos das formulações foram adicionados no momento do plantio com adição de um grânulo por célula em contato direto com as sementes. Para as culturas da alface, couve, jiló, pimentão e tomate foram adicionadas duas sementes por célula de bandejas, de modo a garantir a permanência de uma planta por célula. Devido ao excelente poder germinativo das culturas do melão e melancia, as mesmas foram introduzidas com apenas uma semente por célula. O tratamento das sementes foi realizado 2 horas antes do plantio, com a adição da suspensão de conídios e homogeneização manual de modo a cobrir todas as sementes uniformemente. Após as emergências das plântulas foi realizado o raleio das mudas, permanecendo apenas uma planta por célula. As mudas foram conduzidas em casa de vegetação com plástico transparente de 150 micras e irrigação diária de acordo com a necessidade das plantas. A nutrição das plantas foi realizada por meio de fertirrigações semanais com 13,4 mL célula⁻¹ de solução contendo (quantidade total por célula) 5,02 µg N; 5,02 µg P₂O₅; 6,69 µg K₂O; 0,83 µg Mg; 0,083 µg Zn; 0,025 µg B; 0,0083 µg Fe; 0,083 µg Mn; 0,92 µg S.

As avaliações foram realizadas de acordo com o período de produção das mudas: melancia (17 dias), melão (18 dias), tomate (32 dias), alface (33 dias), pimentão (35 dias), couve (37 dias) e jiló (44 dias). As variáveis avaliadas foram: comprimento de parte aérea, diâmetro de caule, volume do sistema radicular (medida em proveta com água), massa fresca do sistema radicular, massa fresca de parte aérea, massa seca do sistema radicular, massa seca de parte aérea, massa seca total e comprimento total do sistema radicular, medido com o software

RootReader (CLARK et al., 2013). A cultura da alface foi a única espécie na qual foi avaliado o número de folhas (NF).

Os dados agronômicos foram submetidos a análise de variância e ao teste F ($p < 0,05$). As médias foram comparadas pelo teste de Duncan ($p < 0,05$) para comparação das médias dos tratamentos contendo o fungo em relação a testemunha. A dissimilaridade entre os tratamentos foi representada por dendrogramas e pelo método de otimização de Tocher gráfico. Os dendrogramas foram definidos por meio do pacote R (Nbclust) a partir da distância euclidiana como medida de dissimilaridade (CHARRAD et al., 2014). A validação dos agrupamentos foi determinada pelo coeficiente de correlação cofenética (CCC), calculado pelo teste de Mantel (1967) no software Genes. A contribuição relativa das características quantitativas para a dissimilaridade entre os tratamentos foi calculada de acordo com os critérios de Singh (1981). Os dados obtidos foram analisados nos softwares R (R, versão 3.6.3) e Genes (versão 2015.5.0).

Preparo de inoculantes de *Aspergillus niger*

Os conídios de *A. niger* foram produzidos em placas de Petri contendo o meio de cultura batata dextrose ágar (BDA, Sigma-Aldrich, Saint Louis, MO, EUA). Após a repicagem do fungo, as placas foram incubadas em câmaras BOD a 30 °C por 10 dias. Após esse período, os conídios foram coletados em solução aquosa com Tween 80 a 0,01 % (v/v). A solução foi filtrada a vácuo por meio de membrana com poros de 0,45 µm e secas em dessecador com sílica gel à temperatura ambiente (25 °C) por um período de 24 h. Após o período de secagem os conídios foram coletados e armazenados à temperatura ambiente em tubos eppendorf.

A relação número/massa de conídios ($4,5 \times 10^7$ conídios mg^{-1}) foi determinada por contagem de conídios em câmara de Neubauer. Posteriormente à quantificação dos conídios/mg foi calculada a quantidade de conídios necessários nas concentrações de 10^2 e 10^6 . Conforme o peso médio de cada grânulo da formulação (22,6 mg grânulo $^{-1}$), foi determinada a massa de conídios a ser adicionado, em função das concentrações necessárias (Tabela 2). Os conídios foram pesados e misturados com os demais ingredientes em água estéril até a formação de massa uniforme. Essa massa foi aberta em máquina de macarrão (Marcato, Campodarsego, PO, Itália) e extrusada através de molde de macarrão do tipo “bigoli”, produzindo filamentos de 2 mm de diâmetro, que foram cortados em fragmentos de 2 mm de comprimento. Os grânulos foram secos em estufa de circulação forçada de ar a 50 °C durante 48 horas até atingirem umidade resultante de 3% (ARAÚJO et al., 2020). Posteriormente, efetuou-se teste de

germinação dos grânulos das formulações em placa de petri contendo meio de cultura BDA, onde foram dispostos 10 grânulos na placa e avaliada a formação de colônias de *A. niger* a partir destes após incubação a 30 °C por 7 dias em BOD.

TABELA 2. Formulações granulares de biofertilizantes avaliadas

Formulações	Componentes das formulações				
	AN (mg)	FT (g)	AM (g)	S (g)	H ₂ O (ml)
AN (10 ²)	11,9	26,5	3,8	2,25	15
AN (10 ⁶)	119	26,5	3,8	2,25	15

AN: *Aspergillus niger*; FT: farinha de trigo; AM: amido; S: sacarose; H₂O: água estéril

O tratamento de sementes foi realizado nas concentrações de 10² e 10⁶ conídios/célula de bandeja, sendo o veículo de aplicação do fungo a água estéril. A quantidade de água utilizada no tratamento foi determinada de acordo com o tamanho das sementes, visto que as espécies olerícolas apresentavam distintas dimensões (Tabela 3). O tratamento foi realizado 2 horas antes do plantio com as sementes cobertas por meio de suspensão de conídios via pipetagem e homogeneizadas manualmente (Tabela 3), mantendo-se úmidas até o momento do plantio. Todas as células da bandeja receberam a mesma quantidade de conídios, ocorrendo variações somente entre os tratamentos. Como a quantidade de conídios a ser pesada foi muito pequena, prepararam-se suspensões estoque (0,033 e 37,9 mg mL⁻¹), que foram posteriormente diluídas para alcançar a quantidade de conídios necessários por tratamento.

TABELA 3. Concentração de conídios para a inoculação de 20 sementes por espécie.

Cultura	Água (mL)	Conídios (mg)	
		10 ²	10 ⁶
Alface	0,03	0,0001	1,14
Couve	0,06	0,0001	1,14
Jiló	0,03	0,0001	1,14
Melancia	0,28	0,0002	2,27
Melão	0,36	0,0002	2,27
Pimentão	0,08	0,0001	1,14
Tomate	0,06	0,0001	1,14

RESULTADOS

Diferenças significativas (teste F, $p < 0,05$) foram encontradas entre os tratamentos com o fungo e a testemunha não inoculada em todas as culturas avaliadas (Tabela 4). A inoculação de *A. niger* promoveu o crescimento de mudas de todas as culturas analisadas (Figura 1).

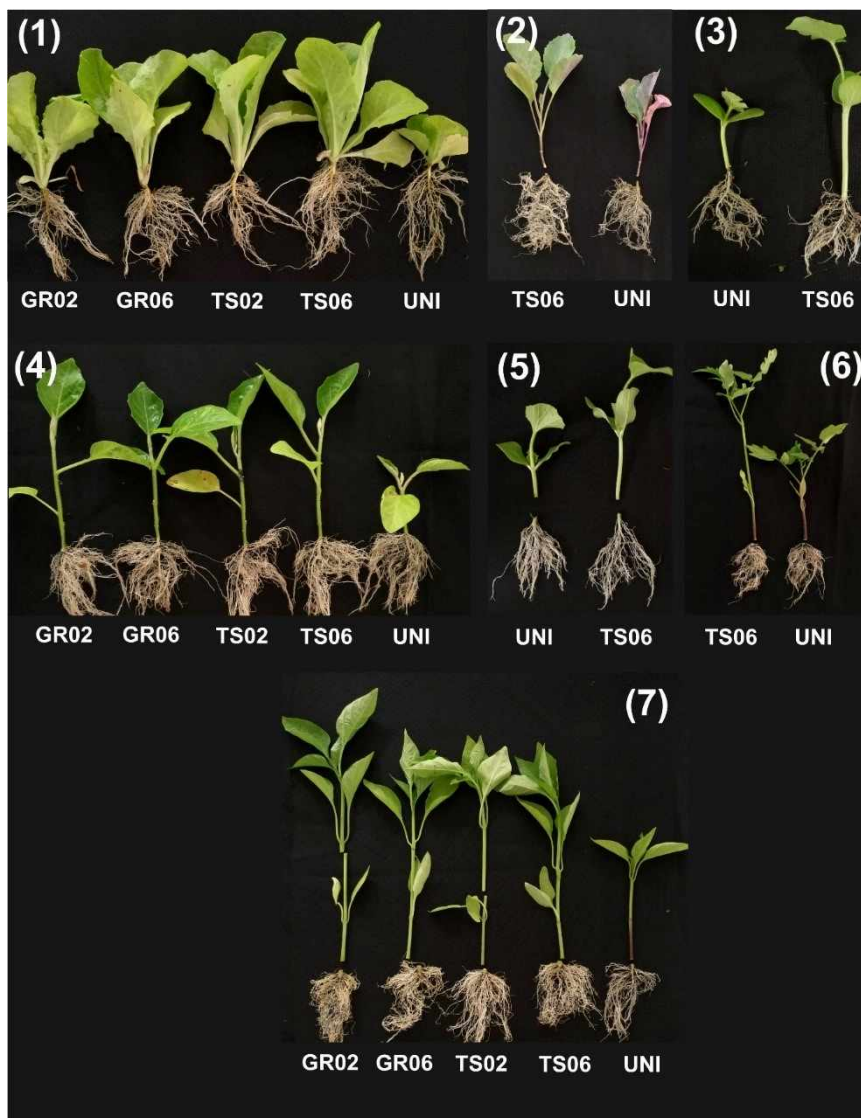


FIGURA 1. Imagem das culturas olerícolas em estudo. GR: granular, TS: tratamento de sementes e doses (02: 10^2 conídios planta⁻¹, 06: 10^6 conídios planta⁻¹) de *Aspergillus niger* e UNI: não inoculado. 1: Alface; 2: Couve; 3: Melancia; 4: Jiló; 5: Melão; 6: Tomate; 7: Pimentão.

Os tratamentos inoculados com *A. niger* apresentaram maior acúmulo de massa fresca do sistema radicular (MFR) nas culturas do pimentão, jiló, melancia e tomate (Tabela 4). A massa seca do sistema radicular (MSR) foi superior nos tratamentos inoculados com o fungo (GR02, GR06, TS02 e TS06) para as culturas da alface, pimentão, jiló e melancia (Tabela 4).

O desempenho das mudas de melancia foi inverso, apresentando massa seca de raiz no controle não inoculado superior aos tratamentos com inoculantes granular (GR02 e GR06). Devido ao grande número de raízes e seu diminuto diâmetro na cultura da couve, o software RootReader não foi capaz de quantificar o comprimento total do sistema radicular (CTR) para esta cultura. Para as demais culturas avaliadas, com exceção da melancia (Tabela 4), os tratamentos inoculados com o fungo foram superiores ao tratamento não inoculado.

A massa fresca da parte aérea (MFPA) e comprimento de parte aérea (CPA) das mudas das espécies avaliadas, foram superiores quando utilizado os tratamentos contendo o fungo (Tabela 4). Na cultura da alface os tratamentos inoculados com o fungo apresentaram maior número de folhas (NF) em relação ao não inoculado (Tabela 4).

Os tratamentos inoculados com o fungo foram superiores ao não inoculado para as culturas do melão, pimentão, jiló e melancia para a variável agrônômica diâmetro de caule (DC) (Tabela 4). Todas as culturas, exceto o melão, apresentaram maior massa seca de parte aérea (MSPA) e massa seca total (MST) nos tratamentos inoculados quando comparado ao não inoculado (Tabela 4).

TABELA 4. Massa fresca do sistema radicular (MFR), massa fresca de parte aérea (MFPA), comprimento de parte aérea (CPA), número de folhas (NF), diâmetro de caule (DC), volume do sistema radicular (VR), massa seca do sistema radicular (MSR), massa seca de parte aérea (MSPA), massa seca total (MST), comprimento total do sistema radicular (CTR).

ALFACE (<i>Lactuca sativa</i>)																		
TRAT	MFR (g)	MFPA (g)	CPA (cm)	NF	VR (ml)	MSR (g)	MSPA (g)	MST (g)	CTR (cm)									
GR02	0,35	a	1,13	a	6,21	a	5,87	a	0,35	a	0,037	a	0,082	a	0,119	a	182	a
GR06	0,30	a	1,31	a	6,58	a	5,90	a	0,29	a	0,040	a	0,096	a	0,136	a	183	a
TS02	0,33	a	1,13	a	6,25	a	5,91	a	0,32	a	0,042	a	0,087	a	0,129	a	182	a
TS06	0,37	a	1,20	a	6,37	a	6,06	a	0,36	a	0,039	a	0,093	a	0,132	a	192	a
UNI	0,28	a	0,74	b	4,82	b	5,60	b	0,27	a	0,026	b	0,058	b	0,083	b	142	b
CV(%)	29,56		16,13		9,96		2,96		30,16		21,11		15,26		14,77		13,56	
MELÃO (<i>Cucumis melo</i>)																		
TRAT	MFR (g)	MFPA (g)	CPA (cm)	DC (mm)	VR (ml)	MSR (g)	MSPA (g)	MST (g)	CTR (cm)									
GR02	0,66	a	1,58	a	13,46	a	3,48	a	0,51	b	0,028	a	0,110	a	0,138	a	181	b
GR06	0,66	a	1,64	a	13,03	a	3,47	a	0,52	b	0,026	a	0,106	a	0,132	a	176	b
TS02	0,69	a	1,70	a	13,55	a	3,49	a	0,53	b	0,030	a	0,118	a	0,148	a	186	b
TS06	0,73	a	1,65	a	13,26	a	3,44	a	0,53	b	0,028	a	0,118	a	0,148	a	189	b
UNI	0,69	a	1,42	b	10,49	b	3,21	b	0,64	a	0,032	a	0,112	a	0,14	a	229	a
CV(%)	19,27		8,93		2,85		4,89		16,04		16,37		13,13		12,98		14,62	

TABELA 4. Cont. Massa fresca do sistema radicular (MFR), massa fresca de parte aérea (MFPA), comprimento de parte aérea (CPA), número de folhas (NF), diâmetro de caule (DC), volume do sistema radicular (VR), massa seca do sistema radicular (MSR), massa seca de parte aérea (MSPA), massa seca total (MST), comprimento total do sistema radicular (CTR).

PIMENTÃO (<i>Capsicum annuum</i>)									
TRAT	MFR (g)	MFPA (g)	CPA (cm)	DC (mm)	VR (ml)	MSR (g)	MSPA (g)	MST (g)	CTR (cm)
GR02	0,64 a	1,89 a	23,33 a	2,81 ab	0,51 a	0,053 a	0,200 a	0,253 a	189 a
GR06	0,56 b	1,82 a	22,90 a	3,02 a	0,45 a	0,050 a	0,195 a	0,245 a	182 a
TS02	0,62 ab	1,84 a	22,91 a	2,70 b	0,54 a	0,054 a	0,192 a	0,246 a	192 a
TS06	0,54 b	1,73 a	22,43 a	2,82 ab	0,45 a	0,049 a	0,186 a	0,235 a	192 a
UNI	0,34 c	0,95 b	14,91 b	2,44 c	0,41 a	0,036 b	0,109 b	0,145 b	155 b
CV(%)	13,26	10,49	6,52	8,16	20,99	14,72	11,54	11,37	9,6
JILÓ (<i>Solanum aethiopicum</i>)									
TRAT	MFR (g)	MFPA (g)	CPA (cm)	DC (mm)	VR (ml)	MSR (g)	MSPA (g)	MST (g)	CTR (cm)
GR02	0,69 a	1,46 a	15,52 a	2,96 a	0,67 a	0,070 b	0,213 a	0,283 a	248 b
GR06	0,74 a	1,64 a	16,37 a	3,05 a	0,72 a	0,069 b	0,233 a	0,302 a	265 a
TS02	0,71 a	1,47 a	15,92 a	2,94 a	0,66 a	0,076 a	0,217 a	0,293 a	262 ab
TS06	0,70 a	1,46 a	15,25 a	3,06 a	0,66 a	0,075 ab	0,215 a	0,290 a	256 ab
UNI	0,54 b	0,75 b	8,01 b	2,27 b	0,54 b	0,055 c	0,112 b	0,167 b	226 c
CV(%)	10,14	12,33	8,21	8,06	12,3	7,6	10,22	8,47	5,69
MELANCIA (<i>Citrullus lanatus</i>)									
TRAT	MFR (g)	MFPA (g)	CPA (cm)	DC (mm)	VR (ml)	MSR (g)	MSPA (g)	MST (g)	CTR (cm)
GR02	0,79 a	1,44 a	12,77 b	3,31 a	0,39 a	0,019 b	0,107 a	0,126 a	168 a
GR06	0,64 b	1,47 a	13,37 ab	3,34 a	0,40 a	0,018 b	0,104 a	0,122 a	157 a
TS02	0,70 ab	1,58 a	13,80 a	3,31 a	0,48 a	0,021 ab	0,110 a	0,131 a	174 a
TS06	0,74 ab	1,48 a	13,49 ab	3,26 a	0,45 a	0,020 ab	0,109 a	0,129 a	172 a
UNI	0,46 c	1,08 b	9,22 c	3,02 b	0,37 a	0,023 a	0,088 b	0,11 b	179 a
CV(%)	19,41	3,86	6,08	3,53	20,16	12,27	7,32	7,38	8,51
TOMATE (<i>Solanum lycopersicum</i>)									
TRAT	MFR (g)	MFPA (g)	CPA (cm)	DC (mm)	VR (ml)	MSR (g)	MSPA (g)	MST (g)	CTR (cm)
GR02	0,54 a	2,23 a	26,58 a	3,07 a	0,51 a	0,045 a	0,254 a	0,297 a	233 a
GR06	0,55 a	2,21 a	26,66 a	2,98 a	0,53 a	0,040 a	0,268 a	0,308 a	205 b
TS02	0,51 a	2,33 a	26,67 a	3,03 a	0,48 ab	0,041 a	0,256 a	0,294 a	185 c
TS06	0,58 a	2,38 a	26,55 a	3,15 a	0,53 a	0,042 a	0,262 a	0,301 a	190 bc
UNI	0,40 b	1,57 b	18,20 b	2,97 a	0,41 b	0,047 a	0,221 b	0,261 b	195 bc
CV(%)	16,52	9,66	5,47	6,83	17,33	13,58	10,48	10,3	7,83

TABELA 4. Cont. Massa fresca do sistema radicular (MFR), massa fresca de parte aérea (MFPA), comprimento de parte aérea (CPA), número de folhas (NF), diâmetro de caule (DC), volume do sistema radicular (VR), massa seca do sistema radicular (MSR), massa seca de parte aérea (MSPA), massa seca total (MST), comprimento total do sistema radicular (CTR).

COUVE (<i>Brassica oleracea</i>)								
TRAT	MFR (g)	MFPA (g)	CPA (cm)	DC (mm)	VR (ml)	MSR (g)	MSPA (g)	MST (g)
GR02	0,40 a	1,70 a	13,96 a	2,81 a	0,42 a	0,053 a	0,250 a	0,303 a
GR06	0,42 a	1,64 a	13,80 a	3,02 a	0,43 a	0,054 a	0,259 a	0,313 a
TS02	0,42 a	1,70 a	14,21 a	2,70 a	0,43 a	0,055 a	0,259 a	0,314 a
TS06	0,36 a	1,64 a	14,17 a	2,82 a	0,37 a	0,053 a	0,259 a	0,311 a
UNI	0,41 a	1,19 b	11,70 b	2,44 a	0,39 a	0,050 a	0,220 b	0,270 b
CV(%)	20,16	10,09	3,52	9,30	21,48	12,56	9,32	8,56

Médias seguidas por letras distinta dentro de uma coluna diferem pelo teste de Duncan ($p < 0,01$).

Os tratamentos inoculados com o fungo foram superiores ao não inoculado para as culturas do melão, pimentão, jiló e melancia para a variável agrônômica diâmetro de caule (DC) (Tabela 4). Todas as culturas, exceto o melão, apresentaram maior massa seca de parte aérea (MSPA) e massa seca total (MST) nos tratamentos inoculados quando comparado ao não inoculado (Tabela 4).

Pela análise dos agrupamentos foram obtidos 2 e 3 grupos (Figura 2), sendo os coeficientes de correlação co-fenética superiores a 80% (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012): alface (0,97), melão (0,94), pimentão (0,99), jiló (0,99), melancia (0,98), tomate (0,97) e couve (0,98), todos significativos para o teste t ($p < 0,01$). Assim, pode-se afirmar que reproduziram de maneira satisfatória as informações contidas na matriz e conseqüentemente na formação dos grupos. A formação dos grupos representada pelo dendrograma demonstrou a criação de dois grupos para as culturas da alface, melão, pimentão, jiló, melancia e tomate. O grupo I composto por 1 linha (tratamento não inoculado) e o grupo II composto por 4 linhas (tratamentos inoculados). Para a cultura da couve houve a formação de 3 grupos, o grupo I composto por uma linha (tratamento não inoculado), grupo II composto por 1 linha (TS06) e o grupo III composto por 3 linhas (TS02, GR02 e GR06).

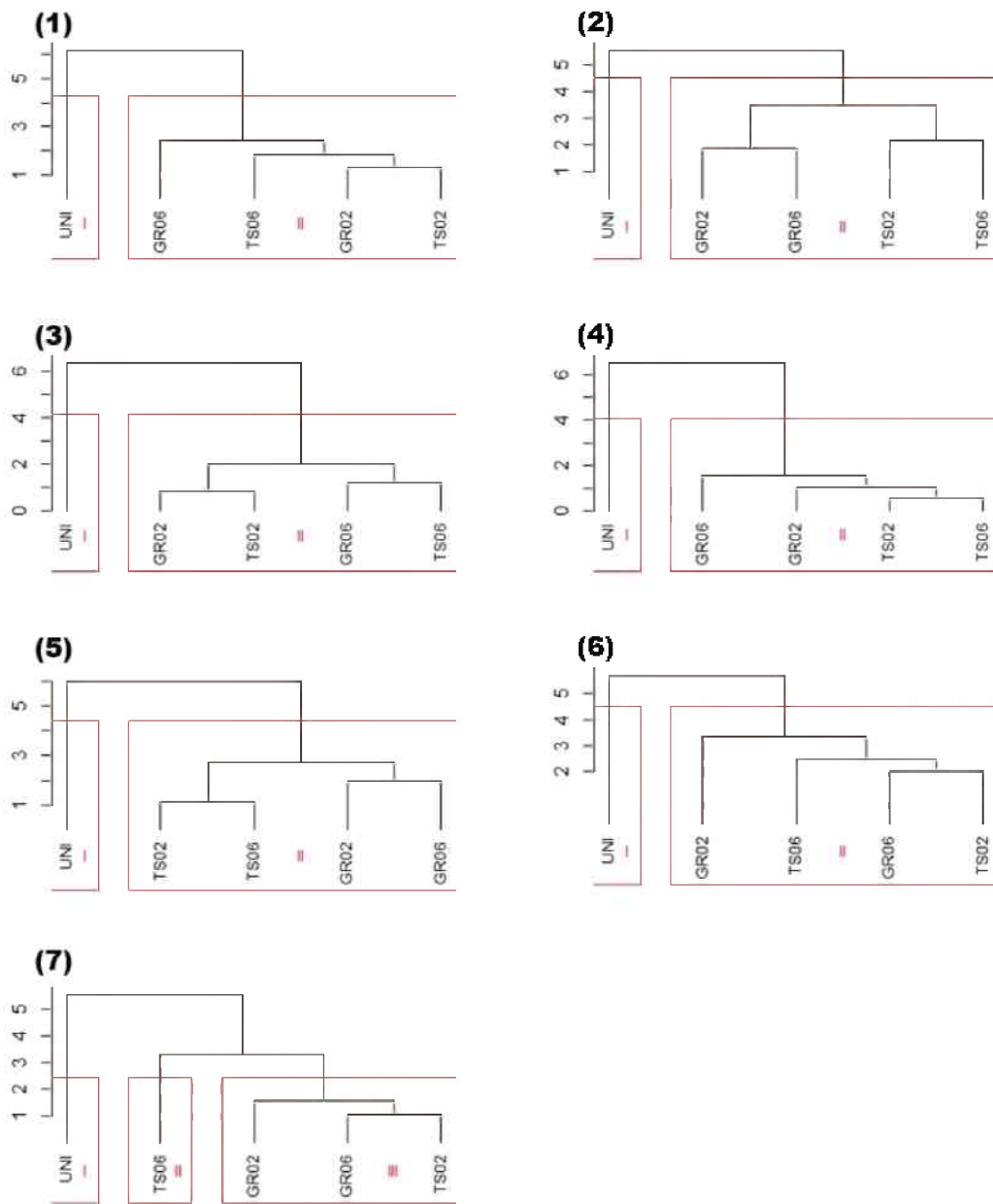


FIGURA 2. Dendrograma comparando formas de inoculação (GR: granular, TS: tratamento de sementes) e doses (02: 10^2 conídios planta⁻¹, 06: 10^6 conídios planta⁻¹) de *Aspergillus niger* em espécies de olerícolas. 1: Alface; 2: Melão; 3: Pimentão; 4: Jiló; 5: Melancia; 6: Tomate; 7: Couve.

O método de otimização Tocher gráfico pode ser usado para visualização de pequenas dissimilaridades presentes entre os tratamentos. Os valores próximos a zero indicam maior similaridade (amarelo), enquanto valores próximos a 1 indicam maior dissimilaridade (preto). Os resultados da Figura 3 demonstram em todas as culturas elevada similaridade entre os

tratamentos inoculados com o fungo (GR02, GR06, TS02 e TS06) e dissimilaridade dos mesmos quando comparados ao tratamento não inoculado.

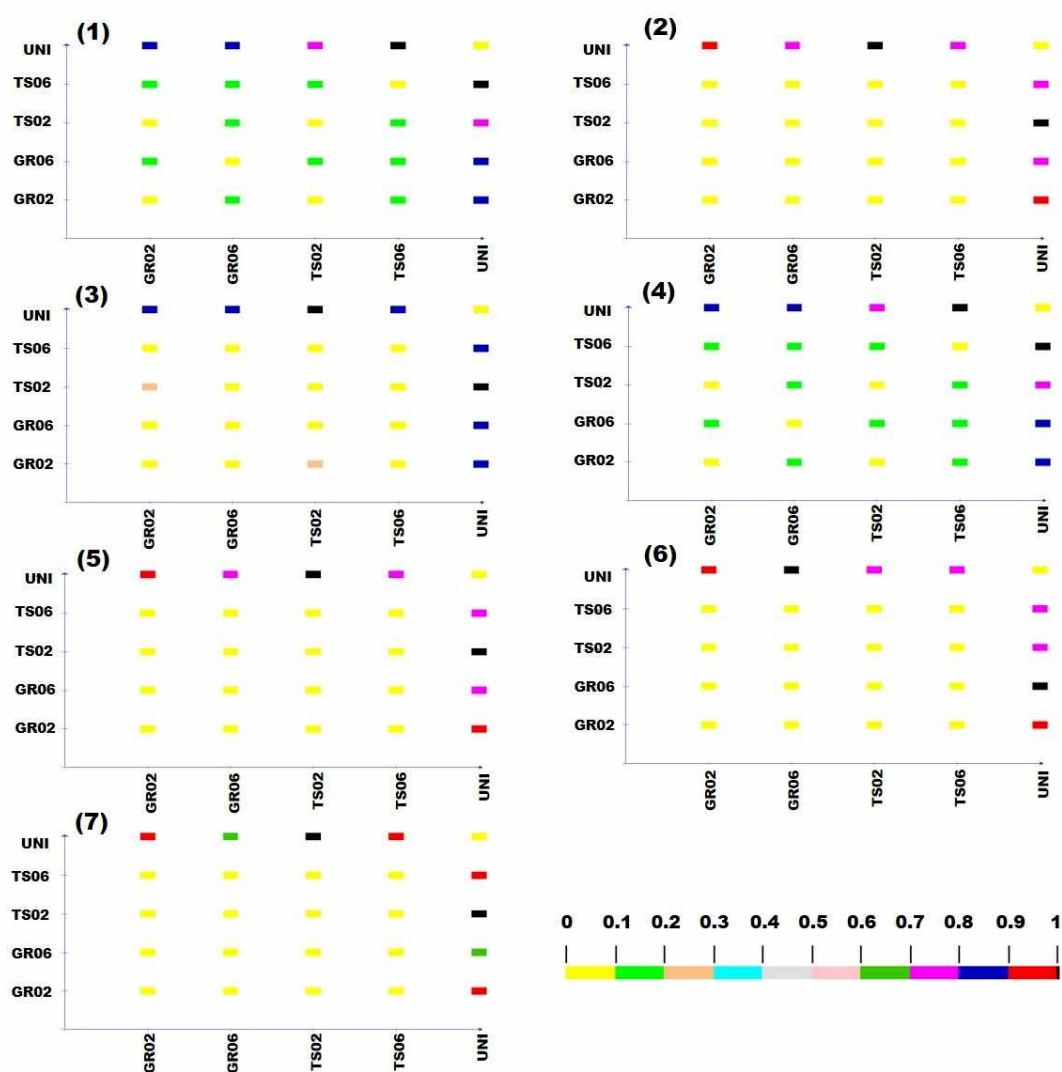


FIGURA 3. Clusterização por otimização Tocher gráfico de formas de inoculação (GR: granular, TS: tratamento de sementes) e doses (02: 10^2 conídios planta⁻¹, 06: 10^6 conídios planta⁻¹) de *Aspergillus niger* em espécies de olerícolas, baseado em nove características agrônômicas. 1: Alfaca; 2: Melão; 3: Pimentão; 4: Jiló; 5: Melancia; 6: Tomate; 7: Couve.

De acordo com a análise de contribuição relativa dos caracteres para a dissimilaridade dentro de cada cultura, destacam-se as variáveis respostas relacionadas a parte aérea (Figura 3), que contribuíram com 70,3; 78,3; 93,4; 72,2; 90,1; 72,1 e 82,3% da dissimilaridade entre tratamentos nas culturas da alfaca, tomate, couve, jiló, melancia, melão e pimentão, respectivamente (Tabela 5).

TABELA 5. Contribuição relativa das nove variáveis resposta para a dissimilaridade entre as espécies Singh (1981).

	Alface	Tomate	Couve	Jiló	Melancia	Melão	Pimentão
Características	CR(%)	CR(%)	CR(%)	CR(%)	CR(%)	CR(%)	CR(%)
MFPA	26,60	9,34	5,71	0,54	19,22	0,00	10,91
CPA	15,97	65,10	5,94	33,99	61,20	57,15	10,83
DC	12,90	3,95	0,19	3,56	3,19	14,12	0
MSPA	0	0	81,59	34,17	0	0,91	60,58
MST	14,89	0	0	0	6,53	0	0
TPA	70,36	78,39	93,43	72,26	90,14	72,18	82,32
MFR	0	6,19	0,06	0,88	1,58	0,44	4,66
VR	7,92	0	0,06	1,52	6,84	9,11	0
MSR	7,98	2,84	6,45	25,33	0	0,66	12,30
CTR	13,75	12,58	-	0	1,44	17,62	0,71
TR	29,65	21,61	6,57	27,73	9,86	27,83	17,67

MFR: massa fresca do sistema radicular; MVPA: massa verde de parte aérea; CPA: comprimento de parte aérea; DC: diâmetro de caule; VR: volume de raiz; MSPA: massa seca de parte aérea; MSR: massa seca do sistema radicular; MST: massa seca total; CTR: comprimento total do sistema radicular; CR: contribuição relativa; TPA: soma das contribuições relativa de parte aérea; TR: soma das contribuições relativas do sistema raiz

De acordo com o incremento relativo médio (%) de todas as variáveis agrônômicas em relação ao tratamento sem o fungo, podemos observar um incremento médio de 120; 100,12; 120; 137; 152; 115 e 156% para as culturas da melancia, melão, tomate, alface, pimentão, couve e jiló, respectivamente.

Tabela 6. Incremento relativo médio (%) de todas as variáveis agrônômicas em relação ao tratamento não inoculado.

	Melancia	Melão	Tomate	Alface	Pimentão	Couve	Jiló
GR02	119	98,52	122	133	157	114	152
GR06	115	96,86	120	138	150	117	162
TS02	124	102,94	117	135	155	116	156
TS06	122	102,16	122	141	145	112	154
INO	120	100,12	120	137	152	115	156

INO: média de todos os tratamentos inoculados

DISCUSSÃO

A inoculação do fungo *Aspergillus niger* promoveu o crescimento de mudas de todas as culturas analisadas. As diferentes doses e formas de aplicação (granular e tratamento de sementes) do inoculante não apresentaram diferença significativa para a maioria das variáveis avaliadas. Através dos dendrogramas e do Tocher gráfico observa-se similaridade entre

tratamentos contendo o fungo *A. niger* e dissimilaridade com o tratamento não inoculado. Como o efeito da dose não se mostrou significativo entre os tratamentos inoculados, a utilização da menor dose de conídios se mostra suficiente para o efeito de promoção de crescimento observado, devido à rápida colonização e eficiência mesmo em baixa doses de conídios. O tratamento de sementes se torna uma alternativa viável em virtude da simplificação do processo de produção e uso do inoculante.

Isolados de *Aspergillus niger* apresentam produção de ácido giberélico e ácido indolacético (BILKAY; KARAKOÇ; AKSOZ, 2010; LUBNA et al., 2018; PATTAEVA; RASULOV, 2015). Esses fitormônios regulam o crescimento e alongamento celular nas plantas (CLELAND, 1999), os quais podem estar relacionados com o maior crescimento observado nas culturas inoculadas. Diversos autores relataram efeitos positivos de bactérias promotoras de crescimento em tomate (CORDERO et al., 2018; TAKISHITA; CHARRON; SMITH, 2018; ZULUAGA et al., 2021) com modificação da arquitetura e funcionamento das raízes devido à produção de fitormônios e outros sinais (PII et al., 2015). Esse processo de promoção de crescimento também é observado pelo fungo *Trichoderma asperellum* na cultura da alface, proporcionando maior número de folhas após o contato de compostos produzidos pelo fungo com as sementes da cultura (WONGLOM; ITO; SUNPAPAO, 2020).

De acordo com a contribuição relativa dos caracteres (CR), as variáveis que mais contribuíram com a dissimilaridade entre os tratamentos contendo o fungo (Tabela 5) foram as correlacionadas com as características de parte aérea, variando de 70,3% (alface) a 93,4% (couve). Esse maior crescimento de parte aérea pode ser resultado da biossíntese de ácido giberélico (GA) pelo fungo (LUBNA et al., 2018). O GA atua no desenvolvimento de folhas, crescimento e alongamento do caule e dos órgãos radiculares (BINENBAUM; WEINSTAIN; SHANI, 2018). Essa promoção de crescimento de parte aérea pode ser utilizada na redução do tempo de produção das mudas, resultando em redução de custos além de ser veículo de inoculação do fungo ao campo, maximizando os efeitos promotores ao longo do ciclo da cultura. Assim, com os resultados observados, o fungo *A. niger* pode funcionar como um biofertilizante multifuncional (VASSILEV et al., 2015), pois além das características promotoras de crescimento possui a capacidade de solubilização de fósforo (ARAÚJO et al., 2020; MENDES et al., 2017). O potencial deste isolado de fungo foi comprovado por diversos trabalhos anteriores, seja como solubilizador de fosfato ou na promoção de crescimento de mudas de cafeeiro (ARAÚJO et al., 2020; COSTA et al., 2013; MENDES et al., 2014, 2015, 2017).

Outro hormônio vegetal produzido por *A. niger* (BILKAY; KARAKOÇ; AKSOZ, 2010; LUBNA et al., 2018), o ácido indolacético (AIA) é a principal auxina nas plantas, regulando o crescimento e o desenvolvimento de processos funcionais. As raízes são os órgãos mais sensíveis a flutuações de níveis de AIA, este imprescindível no início de crescimento das raízes primárias e laterais, dependendo de sua concentração, estimula a formação de raízes laterais e desenvolvimento de raízes adventícias (FU et al., 2015). Entretanto, para as culturas da melancia, melão e couve os resultados obtidos diferiram da maioria dos observados na literatura (AMPRAYN et al., 2012; CONTRERAS-CORNEJO et al., 2009; MUKHERJEE; SEN, 2015; NASSAR; EL-TARABILY; SIVASITHAMPARAM, 2005), pois as variáveis respostas relacionadas à raiz foram limitadas em virtude da poda aérea, sistema que proporciona oxidação das raízes principais em contato e promoção de desenvolvimento das raízes secundária, característica esta do sistema de produção de mudas em bandejas (MIRANDA et al., 1998). Assim, as respostas radiculares se tornaram limitadas pela área de crescimento e pela supressão do crescimento radicular quando em contato com o ar. Dessa forma, o experimento em bandejas mostrou-se limitante para avaliações radiculares nas culturas em estudo. Contudo, nas culturas da alface, pimentão, jiló e tomate foi possível visualizar estímulos de crescimento do sistema radicular pelo fungo, onde os tratamentos inoculados se mostraram superiores ao não inoculado, caracterizando plantas com volume maior de raízes, o que implica exploração maior do solo e conseqüentemente melhor aproveitamento dos recursos nutricionais. Resultados similares em fungos foram observados no gênero *Trichoderma* (CHAGAS et al., 2017), essa capacidade de promoção de crescimento pode estar relacionada ao sinergismo da regulação de concentração de AIA na rizosfera da planta (PATEL et al., 2019). Essa promoção de crescimento já foi demonstrada em diversas culturas, suportando essa capacidade de promoção por fungos como foi demonstrada neste estudo por *Aspergillus niger*.

Culturas que permaneceram em contato com o fungo por mais tempo apresentaram maiores ganhos nas médias das variáveis radiculares e aéreas. As olerícolas que possuem um tempo menor em sua produção de mudas, como foi o caso da melancia e melão apresentaram menores ganhos (120 e 100,12%), quando comparadas às culturas da alface, pimentão e jiló (137, 152 e 156%) (Tabela 6). O maior período em contato com o fungo promove o aumento do efeito da inoculação, maximizando os efeitos dos microrganismos sobre as espécies vegetais (JABER; ENKERLI, 2016).

CONCLUSÕES

Essa pesquisa fornece informações sobre o potencial do fungo *A. niger* como biofertilizante, que pode ser explorado para o desenvolvimento de estratégias para produção de mudas de forma sustentável. No geral, não houve distinções entre a forma de aplicação do fungo e a concentração de conídios para as culturas avaliadas, porém os tratamentos onde o fungo esteve presente foram superiores ao não inoculado. As variáveis de parte aérea das mudas se mostraram mais sensíveis em relação às variáveis radiculares, devido à limitada área disponível para o crescimento radicular. Essa característica promotora de crescimento pode diminuir o tempo de produção da muda olerícola e conseqüentemente reduzir o custo de produção. São necessárias mais investigações sobre os mecanismos de promoção de crescimento de plantas proporcionados por *A. niger*, vislumbrando o conhecimento do processo desta promoção observada no presente trabalho. Adicionalmente, sugere-se que novas pesquisas sejam realizadas com intuito de avaliar o desempenho agrônômico das espécies a partir de mudas produzidas com o biofertilizante proposto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCSEM. ABCSEM - Associação Brasileira do Comércio de Sementes e Mudanças. 2010. Disponível em: <http://www.abcsem.com.br/releases/284/tomate-lidera-crescimento-e-lucratividade-no-setor-de-hortalicas->. Acesso em: 8 de dezembro de 2020.

ADHIKARI, M.; YADAV, D. R.; KIM, S. W.; UM, Y. H.; KIM, H. S.; LEE, S. C.; SONG, J. Y.; KIM, H. G.; LEE, Y. S. Biological control of bacterial fruit blotch of watermelon pathogen (*Acidovorax citrulli*) with Rhizosphere associated bacteria. **Plant Pathology Journal**, v. 33, n. 2, p. 170–183, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.5423/PPJ.OA.09.2016.0187>. Disponível em: <https://www.ncbi-nlm.nih.ez34.periodicos.capes.gov.br/pmc/articles/PMC5378438/>. Acesso em: 11 de novembro de 2020.

AMPAYN, K. O.; ROSE, M. T.; KECSKÉS, M.; PEREG, L.; NGUYEN, H. T.; KENNEDY, I. R. Plant growth promoting characteristics of soil yeast (*Candida tropicalis* HY) and its effectiveness for promoting rice growth. **Applied Soil Ecology**, v. 61, p. 295–299, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apsoil.2011.11.009>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.ez34.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0929139311003143?via%3Dihub>. Acesso em: 10 de novembro de 2020.

ARAÚJO, V. C.; ROSSATI, K. F.; XAVIER, L. V.; OLIVEIRA, V. A. DE; CARMO, G. J. DOS S.; ASSIS, G. A. DE; MENDES, G. DE O. Enhanced growth in nursery of coffee seedlings inoculated with the rhizosphere fungus *Aspergillus niger* for field transplantation.

Rhizosphere, v. 15, n. June, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rhisph.2020.100236>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2452219820301488?via%3Dihub>. Acesso em: 29 de setembro de 2020.

BILKAY, I. S.; KARAKOÇ, S.; AKSOZ, N. Aspergillus niger'den indol asetik asit ve gibberellik asit üretimi. **Turkish Journal of Biology**, v. 34, n. 3, p. 313–318, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.3906/biy-0812-15>. Disponível em: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.886.6396&rep=rep1&type=pdf>. Acesso em: 7 de agosto de 2020.

BINENBAUM, J.; WEINSTAIN, R.; SHANI, E. Gibberellin Localization and Transport in Plants. **Trends in Plant Science**, v. 23, n. 5, p. 410–421, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tplants.2018.02.005>. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez34.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S1360138518300244?via%3Dihub>. Acesso em: 9 de novembro de 2020.

BONONI, L.; CHIARAMONTE, J. B.; PANSA, C. C.; MOITINHO, M. A.; MELO, I. S. Phosphorus-solubilizing Trichoderma spp. from Amazon soils improve soybean plant growth. **Scientific Reports**, v. 10, n. 1, p. 1–13, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-020-59793-8>. Disponível em: <https://www-nature.ez34.periodicos.capes.gov.br/articles/s41598-020-59793-8>. Acesso em: 15 de novembro de 2020.

CHAGAS, L. F. B.; CHAGAS JUNIOR, A. F.; SOARES, L. P.; FIDELIS, R. R. Trichoderma Na Promoção Do Crescimento Vegetal. **Journal of Neotropical Agriculture**, v. 4, n. 3, p. 97–102, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.32404/rean.v4i3.1529>. Disponível em: <https://periodicosonline.uems.br/index.php/agrineo/article/view/1529>. Acesso em: 23 de novembro de 2020.

CHARRAD, M.; GHAZZALI, N.; BOITEAU, V.; NIKNAFS, A. Nbcust: An R package for determining the relevant number of clusters in a data set. **Journal of Statistical Software**, v. 61, n. 6, p. 1–36, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.18637/jss.v061.i06>. Disponível em: <https://www.jstatsoft.org/article/view/v061i06>. Acesso em: 14 de outubro de 2020.

CLELAND, R. E. Cleland, R.E., 1999. Chapter 1 Introduction: Nature, occurrence and functioning of plant hormones, in: *Biochemistry and Molecular Biology of Plant Hormones*. pp. 3–22, 1999. [https://doi.org/10.1016/S0167-7306\(08\)60481-0](https://doi.org/10.1016/S0167-7306(08)60481-0)

CLARK, R. T.; FAMOSO, A. N.; ZHAO, K.; SHAFF, J. E.; CRAFT, E. J.; BUSTAMANTE, C. D.; MCCOUCH, S. R.; ANESHANSLEY, D. J.; KOCHIAN, L. V. High-throughput two-dimensional root system phenotyping platform facilitates genetic analysis of root growth and development. **Plant, Cell and Environment**, v. 36, n. 2, p. 454–466, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-3040.2012.02587.x>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22860896/>. Acesso em: 29 de setembro de 2020.

CONTRERAS-CORNEJO, H. A.; MACÍAS-RODRÍGUEZ, L.; CORTÉS-PENAGOS, C.; LÓPEZ-BUCIO, J. Trichoderma virens, a plant beneficial fungus, enhances biomass

production and promotes lateral root growth through an auxin-dependent mechanism in arabidopsis. **Plant Physiology**, v. 149, n. 3, p. 1579–1592, 2009. DOI: <http://dx.doi.org/10.1104/pp.108.130369>. Disponível em: www.plantphysiol.org/cgi/doi/10.1104/pp.108.130369. Acesso em: 10 de novembro de 2020.

CORDERO, I.; BALAGUER, L.; RINCÓN, A.; PUEYO, J. J. Inoculation of tomato plants with selected PGPR represents a feasible alternative to chemical fertilization under salt stress. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 181, n. 5, p. 694–703, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/jpln.201700480>. Disponível em: <https://onlinelibrary-wiley.ez34.periodicos.capes.gov.br/doi/full/10.1002/jpln.201700480>. Acesso em: 19 de outubro de 2020.

COSTA, M. D.; MENDES, G. DE O.; VASSILEV, N. B.; BONDUKI, V. H. A.; SILVA, I. R. DA; RIBEIRO, J. I. Inhibition of aspergillus niger phosphate solubilization by fluoride released from rock phosphate. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 79, n. 16, p. 4906–4913, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1128/AEM.01487-13>. Disponível em: <https://aem.asm.org.ez34.periodicos.capes.gov.br/content/79/16/4906>. Acesso em: 6 de dezembro de 2020.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométrico aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 2012.

DA COSTA, P. B. DA; ELSAS, J. D. VAN; MALLON, C.; ANJOS BORGES, L. G. DOS; PEREIRA PASSAGLIA, L. Efficiency of probiotic traits in plant inoculation is determined by environmental constrains. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 148, p. 107893, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.soilbio.2020.107893>. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez34.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0038071720301905?via%3Dihub>. Acesso em: 15 de novembro de 2020.

FU, S. F.; WEI, J. Y.; CHEN, H. W.; LIU, Y. Y.; LU, H. Y.; CHOU, J. Y. Indole-3-acetic acid: A widespread physiological code in interactions of fungi with other organisms. **Plant Signaling and Behavior**, v. 10, n. 8, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/15592324.2015.1048052>. Disponível em: <https://www-ncbi-nlm-nih.ez34.periodicos.capes.gov.br/pmc/articles/PMC4623019/>. Acesso em: 9 de novembro de 2020.

GARCÍA-GUTIÉRREZ, L.; ROMERO, D.; ZERIOUH, H.; CAZORLA, F. M.; TORÉS, J. A.; VICENTE, A. DE; PÉREZ-GARCÍA, A. Isolation and selection of plant growth-promoting rhizobacteria as inducers of systemic resistance in melon. **Plant and Soil**, v. 358, n. 1–2, p. 201–212, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s11104-012-1173-z>. Disponível em: <http://web-a-ebscohost.ez34.periodicos.capes.gov.br/ehost/detail/detail?vid=0&sid=88a036a3-74fb-43ec-8c7b-97f51a0b1953%40sdc-v-sessmgr02&bdata=Jmxhbm9cHQYnImc210ZT1laG9zdC1saXZl#AN=79448460&db=fsr>. Acesso em: 11 de novembro de 2020.

GLICK, B. R. Using soil bacteria to facilitate phytoremediation. **Biotechnology Advances**, v. 28, n. 3, p. 367–374, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biotechadv.2010.02.001>.

Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez34.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0734975010000212?via%3Dihub>. Acesso em: 11 de novembro de 2020.

JABER, L. R.; ENKERLI, J. Effect of seed treatment duration on growth and colonization of *Vicia faba* by endophytic *Beauveria bassiana* and *Metarhizium brunneum*. **Biological Control**, v. 103, p. 187–195, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocontrol.2016.09.008>. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez34.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S1049964416301761?via%3Dihub>. Acesso em: 12 de agosto de 2020.

KALAM, S.; BASU, A.; PODILE, A. R. Functional and molecular characterization of plant growth promoting *Bacillus* isolates from tomato rhizosphere. **Heliyon**, v. 6, n. 8, p. e04734, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04734>. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez34.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S2405844020315772?via%3Dihub>. Acesso em: 11 de novembro de 2020.

LUBNA; ASAF, S.; HAMAYUN, M.; GUL, H.; LEE, I. J.; HUSSAIN, A. *Aspergillus Niger* CSR3 regulates plant endogenous hormones and secondary metabolites by producing gibberellins and indoleacetic acid. **Journal of Plant Interactions**, v. 13, n. 1, p. 100–111, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/17429145.2018.1436199>. Disponível em: <https://www-tandfonline.ez34.periodicos.capes.gov.br/doi/full/10.1080/17429145.2018.1436199?frbrVersion=3>. Acesso em: 17 de agosto de 2020.

MANTEL, N. The detection of disease clustering and a generalized regression approach. **Cancer Research**, v. 27, p. 209–220, 1967.

MARTIN-GORRIZ, B.; GALLEGO-ELVIRA, B.; MARTÍNEZ-ALVAREZ, V.; MAESTRE-VALERO, J. F. Life cycle assessment of fruit and vegetable production in the Region of Murcia (south-east Spain) and evaluation of impact mitigation practices. **Journal of Cleaner Production**, v. 265, p. 121656, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121656>. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez34.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0959652620317030?via%3Dihub>. Acesso em: 18 de novembro de 2020.

MEEMKEN, E. M.; QAIM, M. Organic Agriculture, Food Security, and the Environment. **Annual Review of Resource Economics**, v. 10, n. March, p. 39–63, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1146/annurev-resource-100517-023252>. Disponível em: <https://www-annualreviews-org.ez34.periodicos.capes.gov.br/doi/10.1146/annurev-resource-100517-023252>. Acesso em: 1 de dezembro de 2020.

MENDES, G. DE O.; ZAFRA, D. L.; VASSILEV, N. B.; SILVA, I. R.; RIBEIRO, J. I.; COSTAA, M. D. Biochar enhances *aspergillus niger* rock phosphate solubilization by increasing organic acid production and alleviating fluoride toxicity. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 80, n. 10, p. 3081–3085, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1128/AEM.00241-14>. Disponível em: <https://aem.asm.org.ez34.periodicos.capes.gov.br/content/80/10/3081>. Acesso em: 6 de dezembro de 2020.

MENDES, G. DE O.; SILVA, N. M. R. M. DA; ANASTÁCIO, T. C.; VASSILEV, N. B.; RIBEIRO, J. I.; SILVA, I. R. DA; COSTA, M. D. Optimization of *Aspergillus niger* rock phosphate solubilization in solid-state fermentation and use of the resulting product as a P fertilizer. **Microbial Biotechnology**, v. 8, n. 6, p. 930–939, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/1751-7915.12289>. Disponível em: <http://web-b-ebsohost.ez34.periodicos.capes.gov.br/ehost/detail/detail?vid=0&sid=850b9984-6f77-4924-bde0-ec5de3e586bf%40pdc-v-sessmgr04&bdata=Jmxhbm9cHQYnImc210ZT1laG9zdC1saXZl#AN=26112323&db=mdc>. Acesso em: 6 de dezembro de 2020.

MENDES, G. DE O.; GALVEZ, A.; VASSILEVA, M.; VASSILEV, N. Fermentation liquid containing microbially solubilized P significantly improved plant growth and P uptake in both soil and soilless experiments. **Applied Soil Ecology**, v. 117–118, n. April, p. 208–211, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apsoil.2017.05.008>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.ez34.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0929139317304080?via%3Dihub>. Acesso em: 21 de outubro de 2020.

MIRANDA, S.; RIBEIRO, R.; RICCI, M.; ALMEIDA, D. Avaliação de substratos alternativos para produção de mudas de alface em bandejas. **Embrapa**, v. 24, p. 1–6, 1998.

MUKHERJEE, S.; SEN, S. K. Exploration of novel rhizospheric yeast isolate as fertilizing soil inoculant for improvement of maize cultivation. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 95, n. 7, p. 1491–1499, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.6848>. Disponível em: <https://onlinelibrary-wiley.ez34.periodicos.capes.gov.br/doi/full/10.1002/jsfa.6848>. Acesso em: 10 de novembro de 2020.

NASCIMENTO, W. M.; PEREIRA, R. B. **Produção de Mudas de hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2016.

NASSAR, A. H.; EL-TARABILY, K. A.; SIVASITHAMPARAM, K. Promotion of plant growth by an auxin-producing isolate of the yeast *Williopsis saturnus* endophytic in maize (*Zea mays* L.) roots. **Biology and Fertility of Soils**, v. 42, n. 2, p. 97–108, 2005. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00374-005-0008-y>. Disponível em: <https://link.springer-com.ez34.periodicos.capes.gov.br/article/10.1007/s00374-005-0008-y>. Acesso em: 10 de novembro de 2020.

PANDEY, A.; TRIPATHI, A.; SRIVASTAVA, P.; CHOUDHARY, K. K.; DIKSHIT, A. Plant growth-promoting microorganisms in sustainable agriculture. In: *Role of Plant Growth Promoting Microorganisms in Sustainable Agriculture and Nanotechnology*. [s.l.] Elsevier Inc., 2019. p. 1–19. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-12-817004-5.00001-4>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128170045000014>. Acesso em: 7 de agosto de 2020.

PATEL, J.; TELI, B.; BAJPAI, R.; MEHER, J.; RASHID, M.; MUKHERJEE, A.; YADAV, S. Trichoderma-mediated biocontrol and growth promotion in plants: an endophytic approach. In: *Role of Plant Growth Promoting Microorganisms in Sustainable Agriculture and Nanotechnology*. [s.l.] Elsevier Inc., 2019. p. 219–239. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/b978->

0-12-817004-5.00013-0. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128170045000130?via%3Dihub>.

Acesso em: 7 de agosto de 2020.

PATTAEVA, M.; RASULOV, B. Growth and Phytohormones Production by Thermophilic *Aspergillus fumigatus* 2 and Thermotolerant *Aspergillus terreus* 8 Strains in Salt Stress.

British Journal of Applied Science & Technology, v. 8, n. 3, p. 305–312, 2015. DOI:

<http://dx.doi.org/10.9734/bjast/2015/12292>. Disponível em:

<https://www.journalcjjast.com/index.php/CJAST/article/view/7711>. Acesso em: 7 de agosto de 2020.

PII, Y.; MIMMO, T.; TOMASI, N.; TERZANO, R.; CESCO, S.; CRECCHIO, C. Microbial interactions in the rhizosphere: beneficial influences of plant growth-promoting rhizobacteria on nutrient acquisition process. A review. **Biology and Fertility of Soils**, v. 51, n. 4, p. 403–415, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00374-015-0996-1>. Disponível em: <https://link-springer-com.ez34.periodicos.capes.gov.br/article/10.1007/s00374-015-0996-1>. Acesso em:

19 de outubro de 2020.

SEUFERT, V.; RAMANKUTTY, N.; MAYERHOFER, T. What is this thing called organic? – How organic farming is codified in regulations. **Food Policy**, v. 68, p. 10–20, 2017. DOI:

<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodpol.2016.12.009>. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez34.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0306919216300690?via%3Dihub>. Acesso em: 1 de dezembro de 2020.

SILVA, L. R. DA; VALADARES-INGLIS, M. C.; PEIXOTO, G. H. S.; LUCCAS, B. E. G. DE; MUNIZ, P. H. P. C.; MAGALHÃES, D. M.; MORAES, M. C. B.; MELLO, S. C. M. DE. Volatile organic compounds emitted by *Trichoderma azevedoi* promote the growth of lettuce plants and delay the symptoms of white mold. **Biological Control**, v. 152, n. September 2020, p. 104447, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocontrol.2020.104447>.

Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez34.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S1049964420306745?via%3Dihub>. Acesso em: 11 de novembro de 2020.

SINGH, D. The relative importance of characters affecting genetic divergence. **Indian Journal of Genetic and Plant Breeding**, v. 41, p. 237–245, 1981. Disponível em:

<http://www.isgpb.org/documents/archive/ijgpb-41-2-010.pdf>. Acesso em: 26 de setembro de 2020.

SISMET. Sistema de Monitoramento Meteorológico - Cooxupé (Monte Carmelo). 2020. Disponível em:

<http://sismet.cooxupe.com.br:9000/dados/estacao/pesquisarDados/?estCooxupe=1&cdEstacao=12>. Acesso em: 24 de novembro de 2020.

SRIPONTAN, Y.; TAN, C. W.; HUNG, M. H.; YOUNG, C. C.; HWANG, S. Y. Effects of plant-growth-promoting microorganisms and fertilizers on growth of cabbage and tomato and *Spodoptera litura* performance. **Journal of Asia-Pacific Entomology**, v. 17, n. 3, p. 587–593, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aspen.2014.05.007>. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez34.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S1226861514000673?via%3Dihub>

[ub.](#) Acesso em: 11 de novembro de 2020.

TAKISHITA, Y.; CHARRON, J. B.; SMITH, D. L. Biocontrol rhizobacterium *Pseudomonas* sp. 23S induces systemic resistance in Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) against bacterial Canker *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*. **Frontiers in Microbiology**, v. 9, n. SEP, p. 1–14, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.3389/fmicb.2018.02119>. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmicb.2018.02119/full>. Acesso em: 19 de outubro de 2020.

VASSILEV, N.; VASSILEVA, M.; LOPEZ, A.; MARTOS, V.; REYES, A.; MAKSIMOVIC, I.; EICHLER-LÖBERMANN, B.; MALUSÀ, E. Unexploited potential of some biotechnological techniques for biofertilizer production and formulation. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 99, n. 12, p. 4983–4996, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00253-015-6656-4>. Disponível em: <http://web-a-ebscost.ez34.periodicos.capes.gov.br/ehost/detail/detail?vid=0&sid=2c4035a4-f0c8-47a7-b50e-484bc3087e43%40sessionmgr4008&bdata=Jmxhbmc9cHQtYnImc210ZT1laG9zdC1saXZl#AN=102883644&db=fsr>. Acesso em: 21 de outubro de 2020.

WONGLOM, P.; ITO, S. ICHI; SUNPAPAO, A. Volatile organic compounds emitted from endophytic fungus *Trichoderma asperellum* T1 mediate antifungal activity, defense response and promote plant growth in lettuce (*Lactuca sativa*). **Fungal Ecology**, v. 43, p. 100867, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.funeco.2019.100867>. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez34.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S1754504818303829?via%3Dihub>. Acesso em: 19 de outubro de 2020.

ZULUAGA, M. Y. A.; MILANI, K. M. L.; MIRAS-MORENO, B.; LUCINI, L.; VALENTINUZZI, F.; MIMMO, T.; PII, Y.; CESCO, S.; RODRIGUES, E. P.; OLIVEIRA, A. L. M. DE. Inoculation with plant growth-promoting bacteria alters the rhizosphere functioning of tomato plants. **Applied Soil Ecology**, v. 158, n. September 2020, p. 103784, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apsoil.2020.103784>. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez34.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0929139320307137?via%3Dihub>. Acesso em: 19 de outubro de 2020.