



# Controle alternativo e biológico de patógenos em sementes de melancia

Alternative and biological control of pathogens in watermelon seeds

B. M. Tico; M. D. M. Oliveira\*; H. F. Silva; E. C. Silva; M. M. Porcino; L. C. Nascimento

Departamento de Fitotecnia e Ciências Ambientais/Laboratório de Fitopatologia, Universidade Federal da Paraíba, 58397-000, Areia-Paraíba, Brasil

\*monicadmportella@gmail.com

(Recebido em 25 de abril de 2022; aceito em 29 de junho de 2022)

A melancia é uma cucurbitácea com grande importância socioeconômica, seu cultivo pode ser influenciado por doenças causadas por fungos habitantes do solo e que infectam sementes, como por exemplo, *Fusarium* sp. O uso contínuo de agrotóxicos no manejo de doenças pode causar o aparecimento de patógenos resistentes. Objetivou-se avaliar a eficiência de óleos essenciais e o biocontrole por *Saccharomyces cerevisiae* na cultura da melancia. Foram utilizados os óleos essenciais de capim limão, copaíba, erva-cidreira, erva-doce, gengibre, hortelã, manjeriço e moringa na concentração de 1% foram diluídos em meio batata-dextrose-ágar. As variáveis estudadas foram: índice de velocidade de crescimento micelial, percentual de inibição do crescimento micelial, esporulação e percentual de inibição da esporulação. Para o controle com *S. cerevisiae* (fermento biológico Fleischmann®) foram utilizadas sementes de melancia cultivar Crimson Select Plus (Feltrin). As concentrações de levedura testadas foram: 0; 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 g L<sup>-1</sup>. Foram realizados os testes de sanidade; percentual de germinação; primeira contagem da germinação; índice de velocidade da germinação; sementes duras e mortas; plântulas anormais; matéria seca de raízes, parte aérea e plântulas e comprimento de raízes, parte aérea e plântula, tratadas com *S. cerevisiae* e óleos essenciais. Os tratamentos com erva-doce, hortelã e manjeriço foram eficientes no controle de *Fusarium* sp. *in vitro*, apresentando efeito inibitório sobre o crescimento micelial e esporulação do patógeno. *S. cerevisiae* demonstrou não causar nocividade às sementes de melancia na concentração de 1,5 g L<sup>-1</sup>, tendo apresentado incremento de massa do sistema radicular e índice de velocidade da germinação. Palavras-chave: *Citrullus lanatus*, óleos essenciais, *Saccharomyces cerevisiae*.

Watermelon is a cucurbitaceous plant with great socioeconomic importance. Its cultivation can be influenced by diseases caused by soil-inhabiting and seed-infecting fungi, such as *Fusarium* sp. The continuous use of pesticides in the management of diseases can cause the appearance of resistant pathogens. It was aimed to evaluate the efficiency of essential oils and the biocontrol by *Saccharomyces cerevisiae* in watermelon culture. The essential oils of lemon grass, copaiba, lemon balm, fennel, ginger, mint, basil and moringa were used at a concentration of 1% and diluted in potato-dextrose agar medium. The variables studied were: mycelial growth velocity index, mycelial growth inhibition percentage, sporulation and sporulation inhibition percentage. For the control with *S. cerevisiae* (Fleischmann® biological yeast) watermelon seeds cultivar Crimson Select Plus (Feltrin) were used. The yeast concentrations tested were: 0; 0.5; 1.0; 1.5 and 2.0 g L<sup>-1</sup>. The following tests were performed: sanity; germination percentage; first count of germination; germination speed index; hard and dead seeds; abnormal seedlings; root, aerial part and seedling dry matter; and root, aerial part and seedling length, treated with *S. cerevisiae* and essential oils. The treatments with fennel, mint and basil were efficient in controlling *Fusarium* sp. *in vitro*, presenting inhibitory effect on mycelial growth and sporulation of the pathogen. *S. cerevisiae* did not cause any harm to watermelon seeds at the concentration of 1.5 g L<sup>-1</sup>, and showed an increase in root system mass and germination speed index.

Key words: *Citrullus lanatus*, essential oils, *Saccharomyces cerevisiae*.

## 1. INTRODUÇÃO

A melancia [*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai] é uma olerícola com grande importância socioeconômica e nutricional, sendo a cucurbitácea mais cultivada em todo o mundo, com uma produção global aproximada de 90 milhões de toneladas. A China é a maior

produtora, responsável por 60% desse volume [1-3]. O Brasil é o quinto maior produtor da cultura, com produção média de 2,3 milhões de toneladas e 105.064 hectares de área colhida [2].

A espécie *C. lanatus* é uma planta xerófila que apresenta tolerância aos estresses hídrico e salino e alta sensibilidade às baixas temperaturas [4]. Seu cultivo é realizado em todo o país, porém os estados do Rio Grande do Norte e Rio Grande do Sul são os maiores produtores [5]. Na região Nordeste seu cultivo tem apresentado expansão devido ao manejo irrigado, o clima seco e as altas temperaturas da região que propiciam a produção de frutos de alta qualidade com elevado °Brix. Esses frutos são destinados principalmente à exportação para a Europa [6].

A produtividade da cultura da melancia pode ser afetada pelo surgimento de doenças, que causam perdas significativas que podem superar 60% [6, 7]. A umidade elevada na lavoura tem grande influência na incidência de doenças, destacando as causadas por fungos e vírus. As sementes infectadas constituem o principal meio de sobrevivência desses patógenos [8, 9].

Nos últimos anos, o uso de agrotóxicos para o controle de doenças vem aumentando para comportar a crescente demanda mundial por alimentos e insumos. Além dos malefícios ao ambiente e aos seres vivos, observa-se o surgimento de fitopatógenos resistentes ao uso contínuo de determinados princípios ativos [1, 10]. A preocupação quanto aos efeitos prejudiciais do uso destes produtos motivou a busca por alternativas, que favoreçam tanto o controle de patógenos quanto incrementem a produção. O manejo preventivo, com o uso de cultivares resistentes e o tratamento de sementes são algumas das principais medidas de controle para evitar o aparecimento de patógenos no campo [11].

O uso de óleos essenciais e de antagonistas como *Saccharomyces cerevisiae* no tratamento de sementes contra patógenos podem contribuir para a diminuição do uso de agrotóxicos nos plantios comerciais [12, 13], reduzindo os custos de produção [12].

Desta forma, o objetivo desse trabalho foi avaliar a eficiência de óleos essenciais de controle de *Fusarium* sp. *in vitro* e identificar os efeitos do biocontrole por *S. cerevisiae* em sementes de *C. lanatus*.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Os isolados de *Fusarium* sp. utilizados foram obtidos a partir da repicagem de colônias puras mantidas na Coleção de Fungos Fitopatogênicos do LAFIT (Laboratório de Fitopatologia), pertencente a Universidade Federal da Paraíba.

### 2.1 Controle de *Fusarium* sp. *in vitro* com óleos essenciais

O delineamento experimental foi inteiramente casualizados, com dez tratamentos. O crescimento micelial distribuído em dez repetições, onde cada placa de Petri foi considerada uma unidade experimental. A esporulação foi realizada em cinco repetições.

Para a experimentação *in vitro*, utilizou-se cerca de 20 mL de meio de cultura batata-dextrose-ágar (BDA), em seguida foram adicionados em placas de Petri (90 x 15 mm), acrescido pelos tratamentos: T<sub>1</sub>: capim limão (*Cymbopogon citratos*), T<sub>2</sub>: copaíba (*Copaifera langsdorffii*), T<sub>3</sub>: erva-cidreira (*Melissa officinalis*), T<sub>4</sub>: erva-doce (*Pimpinella anisum*), T<sub>5</sub>: gengibre (*Zingiber officinale*), T<sub>6</sub>: hortelã (*Mentha x piperita*), T<sub>7</sub>: manjeriço (*Ocimum basilicum*), T<sub>8</sub>: moringa (*Moringa oleifera*), na concentração de 1% e para facilitar a emulsificação foi adicionado 0,5% de Tween 80, T<sub>9</sub>: testemunha contendo apenas o meio BDA, T<sub>10</sub>: fungicida Tiabendazol (130 ml i.a. 100 L<sup>-1</sup> água). Um disco de colônia de *Fusarium* sp. com 5 mm de diâmetro foi colocado no centro de cada placa e, em seguida, vedadas com filme plástico.

As placas foram incubadas em estufa tipo *Biochemical Oxygen Demand* (B.O.D.) por seis dias, fotoperíodo de 12 horas, a 25 ± 2 °C. A mensuração do diâmetro das colônias foi realizada com o auxílio de régua milimetrada, diariamente, após 24 horas de incubação, em dois sentidos perpendiculares demarcados, até a testemunha cobrir toda a superfície do meio de cultura. Com o cálculo das médias entre essas medidas obteve-se o percentual de inibição

do crescimento micelial (PIC). O Índice de velocidade de crescimento micelial (IVCM), expresso em  $\text{mm dia}^{-1}$ , foi obtido pela fórmula proposta por Costa e Carvalho et al. (2011) [14]:

$$\text{IVCM} = \Sigma \frac{(D - D_a)}{N}$$

Em que:

- IVCM= índice de velocidade de crescimento micelial;
- D= diâmetro médio atual da colônia;
- Da= diâmetro médio da colônia do dia anterior;
- N= número de dias após a inoculação.

A esporulação foi quantificada pela produção de uma suspensão aquosa nas placas com adição de 10 mL de água destilada esterilizada (ADE) onde com o auxílio de um pincel de cerdas macias foram realizadas abrasões leves para facilitar a remoção dos esporos, filtrada em dupla camada de gaze esterilizada e a contagem de esporos foi efetuada em microscópio óptico com o auxílio de hemacitômetro. Os resultados foram expressos em esporos  $\times 10^6 \text{ mL}^{-1}$ .

O percentual de inibição da esporulação (PIE) foi calculado de acordo com Fernandes et al. (2015) [15], onde:

$$\text{PIE} = \frac{(\text{Esporulação da testemunha} - \text{Esporulação do tratamento})}{(\text{Esporulação da testemunha})} \times 100$$

## 2.2 Biocontrole de fitopatógenos com *Saccharomyces cerevisiae* em sementes de melancia

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizados, com seis tratamentos. O teste de sanidade distribuído em dez repetições, constituídas de vinte sementes cada. O teste de germinação distribuído em quatro repetições, constituídas de 50 sementes cada.

As sementes de melancia, adquiridas comercialmente (Feltrin Sementes), são da cultivar Crimson Select Plus.

Foram testadas as concentrações de 0; 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0  $\text{g L}^{-1}$  da levedura *Saccharomyces cerevisiae* (fermento biológico Fleischmann®), adquirida comercialmente para o tratamento das sementes e fungicida Captan® (220  $\text{g 100 L}^{-1}$  água). Previamente, as sementes foram submetidas à assepsia com hipoclorito de sódio (1%) por três minutos e dupla lavagem em água destilada e esterilizada (ADE), posteriormente, imersas nos tratamentos por cinco minutos. Para o tratamento controle foi utilizada apenas ADE e, utilizadas 200 sementes por tratamento.

Para o teste de sanidade, as sementes foram incubadas em placas de Petri (90 x 15 mm) contendo dupla camada de papel filtro esterilizado, umedecido com ADE. Foram distribuídas vinte sementes por placa, em dez repetições, e mantidas em incubação a uma temperatura ambiente de  $25 \pm 2$  °C por um período de sete dias. Os fungos foram identificados com o auxílio de microscópio estereoscópico óptico, utilizando-se literatura especializada [16].

No teste de germinação, utilizou-se o papel *Germitest* umedecido com ADE na proporção de 2,5 vezes o seu peso seco (Citação). Sendo dividido em quatro repetições de 50 sementes por tratamento. Os rolos contendo as sementes foram incubados em câmara de germinação do tipo *Biochemical Oxygen Demand*, à  $25 \text{ °C} \pm 2$  e fotoperíodo de 12 horas de luz. A primeira avaliação ocorreu 24 horas após a montagem do experimento e se sucedeu até 14º dia, de acordo com as regras para análise de sementes [17].

As variáveis analisadas foram incidência de fungos associados às sementes, percentual de germinação (GE), primeira contagem de germinação (PCG), sementes duras (SD) e sementes mortas (SM), plântulas anormais (PA), índice de velocidade de germinação (IVG) calculado pela fórmula proposta por Maguire (1962) [18]:

$$IVG = \Sigma \left( \frac{G_1}{N_1} + \frac{G_2}{N_2} + \frac{G_n}{N_n} \right)$$

Onde:

IVG = índice velocidade de germinação;

$G_1$ ,  $G_2$  e  $G_n$  = número de plântulas germinadas a cada dia;

$N_1$ ,  $N_2$  e  $N_n$  = número de dias da sementeira à primeira, segunda e última contagem.

Após o teste de germinação, foram avaliadas as sementes duras, mortas e plântulas normais segundo Brasil (2009) [17]. Foram avaliadas matéria seca de raízes, (MSR), matéria seca de parte aérea, (MSA), matéria seca de plântulas (MSP), comprimento de raízes (CPR), comprimento de parte aérea (CPA) e comprimento de plântula (CPL).

Na avaliação de CPA e CRA foi utilizada uma régua milimetrada, para medir dez plântulas por tratamento, de cada repetição e os resultados foram expressos em centímetros por plântula (cm plântula<sup>-1</sup>).

MPA e MRA foram obtidas por meio do corte transversal do colo da plântula com estilete e levadas à estufa a 70 ± 2 °C até atingir massa constante. O peso da massa seca foi determinado em balança analítica (0,001 g). Os resultados foram expressos em gramas por plântula avaliada (g plântula<sup>-1</sup>) de acordo com Larré et al. (2014) [19].

### 2.3. Análise estatística

Os dados submetidos à análise de variância e regressão polinomial testando-se os modelos linear e quadrático. Também foram submetidos ao teste de Dunnett ( $p \leq 0,05$ ) para comparação das diferentes concentrações de *Saccharomyces cerevisiae* com o padrão (fungicida Captan). Os valores de incidência foram previamente transformados em  $(\sqrt{x + 1})$ . Foi realizado o software R® [20].

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Controle de *Fusarium* sp. *in vitro* com óleos essenciais

Ao avaliar a ação dos óleos essenciais na inibição de *Fusarium* sp., verificou-se que eles apresentaram efeitos diferentes entre si. Os óleos de erva-doce, hortelã e manjeriço inibiram por completo o crescimento micelial do patógeno (Figura 1). Efeito similar pode ser observado pelo fungicida. Ambos diferindo dos óleos de capim limão, copaíba, erva-cidreira, gengibre, moringa e testemunha.

Os óleos essenciais (OEs) exibiram diferentes graus de inibição para o índice de velocidade de crescimento micelial (IVCM) de *Fusarium* sp., onde os óleos de gengibre e moringa, apresentaram inibição de 6,1% quando comparados a testemunha, erva-doce apresentou diferença de 11,78%, copaíba de 29,29%, capim limão 60,27% (Figura 1).

Resultados similares foram observados por Ramos et al. (2016) [21], onde os óleos utilizados apresentaram atividade fungitóxica em diferentes concentrações. O OE de *Melaleuca alternifolia* necessitou da menor concentração para apresentar toxicidade sobre *C. gloeosporioides* (0,80%); seguindo pelos óleos de *Eucalyptus globulus* (3,20%); *Citrus limonium*, *Cymbopogon citratus*, *Syzygium aromaticum*, *Cinnamomum zeylanicum* e *Azadirachta indica* (6,25%); *Mentha piperita* e *Cymbopogon winterianus* (12,5%); *Copaifera langsdorfii* (25%); *Cocos nucifera* e *Zingiber officinale* (50%), isso evidencia que alguns óleos testados no presente trabalho podem apresentar efeito fungicida sobre o fungo *Fusarium* sp. sendo necessárias maiores testagens com diferentes graus de concentração.

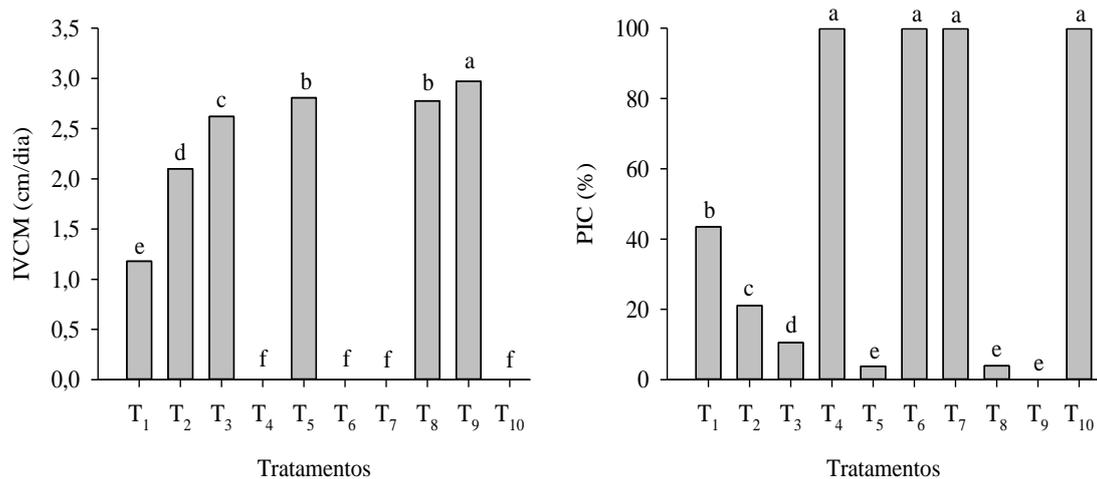


Figura 1. Índice de velocidade de crescimento micelial (IVCM) e percentual de inibição do crescimento micelial (PIC) para o *Fusarium sp.*, sob aplicação de óleos essenciais a 1% [T<sub>1</sub>: capim limão (*Cymbopogon citratos*), T<sub>2</sub>: copaíba (*Copaifera langsdorffii*), T<sub>3</sub>: erva-cidreira (*Melissa officinalis*), T<sub>4</sub>: erva-doce (*Pimpinella anisum*), T<sub>5</sub>: gengibre (*Zingiber officinale*), T<sub>6</sub>: hortelã (*Mentha x piperita*), T<sub>7</sub>: manjerição (*Ocimum basilicum*), T<sub>8</sub>: moringa (*Moringa oleifera*)] e fungicida (*Captan*). Letras distintas representam diferença significativa entre os tratamentos pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Avaliando o efeito dos OEs de copaíba e manjerição (1, 1,5 e 2 mL L<sup>-1</sup>) em sementes de *Phaseolus lunatus*, Gomes et al. (2016) [22], observaram que ambos foram capazes de reduzir o percentual de incidência de *Penicillium sp.*, *Fusarium spp.* e *Cladosporium sp.* Foi demonstrado que o óleo de manjerição tem eficiência no controle de *Fusarium sp.*, resultado similar ao encontrado no presente estudo (Figura 1).

A ação fitopatogênica do OE de moringa está associada aos seus metabólitos secundários, dentre eles o linalol, timol e o β-eudesmol [23]. Em sua pesquisa, Ribeiro et al (2013) [24], observaram que o óleo essencial de gengibre (5000 µg mL<sup>-1</sup>) inibiu totalmente *Fusarium verticillioides*. Os resultados encontrados foram diferentes dos apresentados pelos autores, possivelmente por se tratar de diferentes concentrações de óleos.

Os maiores valores de PIC foram observadas nos tratamentos com os OE de erva-doce, hortelã, manjerição e o fungicida ao meio de cultura, com total inibição. Os OEs de capim limão (43,49%), copaíba (21,05%), erva-cidreira (10,54%), gengibre (3,80%) e moringa (3,92%) não diferiram entre si, com menores percentuais de inibição (Figura 1).

Ao pesquisar métodos de controle alternativos com OEs sobre a germinação de escleródios de *Sclerotinia sclerotiorum*, Graf et al. (2017) [25], evidenciaram que o óleo essencial de hortelã causou inibição da germinação até o 15º dia. Os óleos de capim limão e cravo-da-índia (*Syzygium aromaticum*) além de inibirem a germinação inviabilizaram os escleródios. Mondego et al. (2014) [26] demonstraram que o OE de copaíba (1% e 1,5%) controlou *Aspergillus sp.*, *Chaetomium sp* e *Curvularia sp.*, em sementes de *Pseudobombax marginatum*, evidenciando que esse óleo apresenta ação fungitóxica sobre outros gêneros fúngicos.

Os diferentes resultados na inibição do crescimento micelial podem estar ligados à capacidade das plantas de produzirem metabólitos secundários que apresentam diferentes modos de ação sobre os patógenos. Alguns compostos dos óleos essenciais conseguem penetrar e romper a parede celular fúngica e as membranas citoplasmáticas por meio de permeabilização, desintegrando as membranas mitocondriais [27].

Quanto a esporulação, observou-se efeito inibitório sobre a concentração de conídios de *Fusarium sp.* (Figura 2). Os OEs de erva-doce, hortelã e manjerição inibiram totalmente a esporulação do patógeno. Os OEs de capim limão, copaíba, erva-doce, gengibre, moringa e testemunha não diferiram entre si (Figura 2). Nascimento et al. (2016) [28], constataram ação

fungicida do óleo essencial de manjeriço sobre *Fusarium solani* f. sp. *glycines*, *in vitro*, a partir da concentração de 4000  $\mu\text{L L}^{-1}$ .

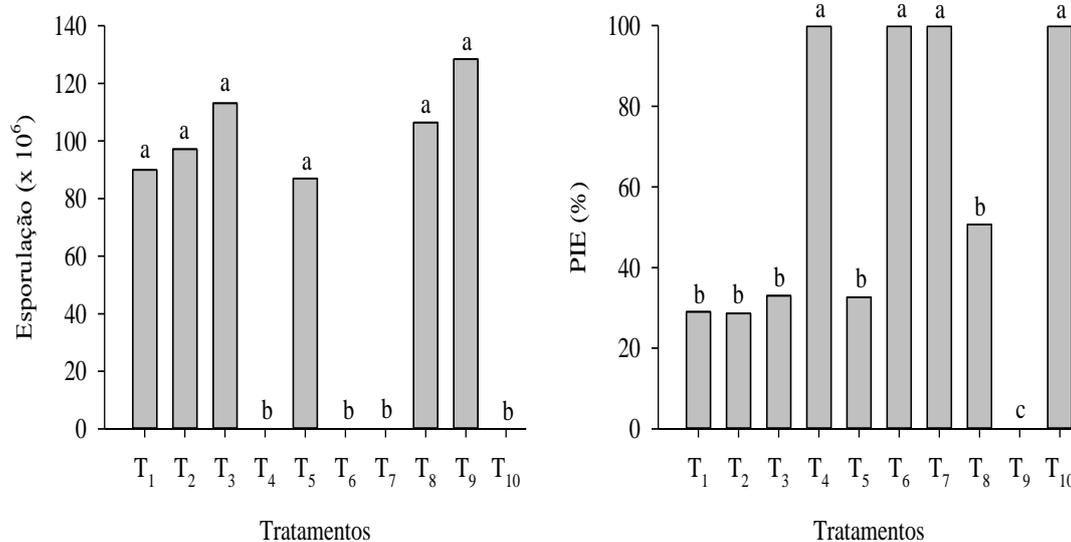


Figura 2. Esporulação e percentual de inibição da esporulação (PIE) de *Fusarium* sp., sob aplicação de óleos essenciais (1%) [T<sub>1</sub>: capim limão (*Cymbopogon citratos*), T<sub>2</sub>: copaíba (*Copaifera langsdorffii*), T<sub>3</sub>: erva-cidreira (*Melissa officinalis*), T<sub>4</sub>: erva-doce (*Pimpinella anisum*), T<sub>5</sub>: gengibre (*Zingiber officinale*), T<sub>6</sub>: hortelã (*Mentha x piperita*), T<sub>7</sub>: manjeriço (*Ocimum basilicum*), T<sub>8</sub>: moringa (*Moringa oleifera*)] e fungicida. Letras distintas representam diferença significativa entre os tratamentos pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Para o percentual de inibição da esporulação (PIE) os OEs de erva-doce, hortelã, manjeriço e o fungicida demonstraram 100% de eficiência; já os óleos de capim limão, copaíba, erva-cidreira, gengibre e moringa não apresentaram diferença entre si, porém apresentaram diferença em relação à testemunha, com inibição média 29%. O fungicida inibiu completamente a esporulação (Figura 2).

O óleo essencial de *M. officinalis* foi utilizado por Santos et al. (2018) [12], como controle de *Cladosporium sphaerospermum*, onde a concentração fungitóxica mínima foi estabelecida em 128  $\mu\text{g mL}^{-1}$  e concentração fungicida máxima para o total controle foi de 256  $\mu\text{g mL}^{-1}$ . Os óleos essenciais de *Foeniculum vulgare*, *Mentha spicata* e *Ocimum basilicum* apresentaram atividade antifúngica, devido seus compostos majoritários carvona, chavicol, eucaliptol, limoneno e linalol [29, 30].

Vários estudos demonstraram que os óleos essenciais atuam como fungicidas naturais, inibindo a atividade fúngica, sendo uma alternativa no controle de doenças. A intensidade de uma doença está ligada à densidade do inóculo no hospedeiro, uma menor produção de esporos promove uma redução na disseminação da doença [31, 32].

### 3.2 Controle de fitopatógenos em sementes de melancia com *Saccharomyces cerevisiae*

Os valores obtidos no teste de sanidade permitiram constatar a incidência dos fungos, *Paecilomyces* sp., *Leandria* sp., *Cladosporium* sp., *Aspergillus niger*, *Fusarium* sp., *Rhizopus* sp. e *Didymella* sp. em sementes de melancia. As concentrações de *S. cerevisiae* utilizadas, nas condições deste estudo, não proporcionaram valores diferentes estatisticamente dos obtidos no tratamento controle. Já para o fungo *Paecilomyces* sp., a concentração de 0,5 g L<sup>-1</sup> atuou estimulando sua proliferação nas sementes de melancia.

Nascimento et al. (2011) [33], apontaram *Didymella bryoniae*, *Cladosporium cucumerinum*, *Rhizopus nigricans* e *Leandria momordicae* como algumas das principais doenças da abóbora (*Cucurbita* sp.) evidenciando que estes patógenos também estão

associados as sementes de outras cucurbitáceas. Tais resultados corroboram com os gêneros fúngicos detectados na presente pesquisa.

O tratamento com *S. cerevisiae* mostrou possuir atividade eliciadora eficiente no controle de *Colletorichum lagenarium*, em cotilédones de pepineiro (*Cucumis sativus*), demonstrando que pode ser empregado em controle de doenças de diferentes cucurbitáceas [34]. Moretto et al. (2014) [35] ao tratarem frutas de lima ácida Tahiti com meia dose de imazalil associada com *S. cerevisiae*, relataram 100% de controle do bolor verde (*P. digitatum*).

Viecelli et al. (2014) [36] observaram a inibição do crescimento de *Puccinia recondida*, *Cercospora arachidicola*, *Fusarium equiseti*, *Plasmopora viticola*, *Phytophthora infestans* quando tratados com a levedura, demonstrando a importância de pesquisas que elucidem a eficiência de *S. cerevisiae* no controle de diversos fitopatógenos.

O gênero *Paecilomyces* sp., inclui várias espécies que são capazes de produzir uma grande variedade de metabólitos secundários bioativos de diferentes classes químicas e com diferentes atividades biológicas, como atividade antimicrobiana, atividade citotóxica e atividade imunestimulante. É utilizado no controle biológico, com espécies que conseguem controlar a mosca-branca (*Bemisia tabaci*) e o nematóide-das-galhas (*Meloidogyne incognita*), e não é relatado como patógeno em cucurbitáceas [37, 38].

De acordo com o teste de Dunnett as concentrações avaliadas de *S. cerevisiae* (0; 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 g/L) não ocasionaram alteração significativa dos valores obtidos para as variáveis fisiológicas de percentual de germinação (GE), primeira contagem de germinação (PCG), sementes duras (SD) e sementes mortas (SM), não diferindo do tratamento com fungicida (Figura 1). Quando comparadas à testemunha, os tratamentos com *S. cerevisiae* demonstraram não atuar de forma nociva em sementes de melancia para esses fatores. Não foram encontrados indícios que os metabólitos produzidos pela levedura tenham influenciado na fisiologia da planta.

Ao avaliar os efeitos de *S. cerevisiae* em sementes de trigo (*Triticum aestivum*), Battistus et al. (2011) [39], constatou que a levedura não causou diferença no índice de velocidade de emergência e germinação em comparação a testemunha, atestando que as sementes tratadas se mantiveram sadias. Para o índice de velocidade de germinação (IVG) nas sementes de melancia, as concentrações de 1,5 e 2,0 g. L<sup>-1</sup>, apresentando melhores valores em comparação com o fungicida (Figura 1). Quando avaliado pelo modelo quadrático, o valor de máxima eficiência de *S. cerevisiae* foi determinado em 1,89 g.L<sup>-1</sup>.

Os tratamentos com 0,5 e 1 g.L<sup>-1</sup> apresentaram maior incidência de plântulas anormais, com estruturas deformadas e desproporcionais, como raiz primária atrofiada e desproporcional em relação as outras estruturas da plântula e parte aérea retorcida. O aumento do número de plântulas anormais em comparação com os demais tratamentos tem causa desconhecida, uma vez que maiores concentrações não demonstraram incremento nesse valor. O incremento de plântulas anormais pode estar associado aos metabólitos produzidos por *S. cerevisiae* que podem atuar negativamente sobre as sementes no início da germinação, gerando as anormalidades.

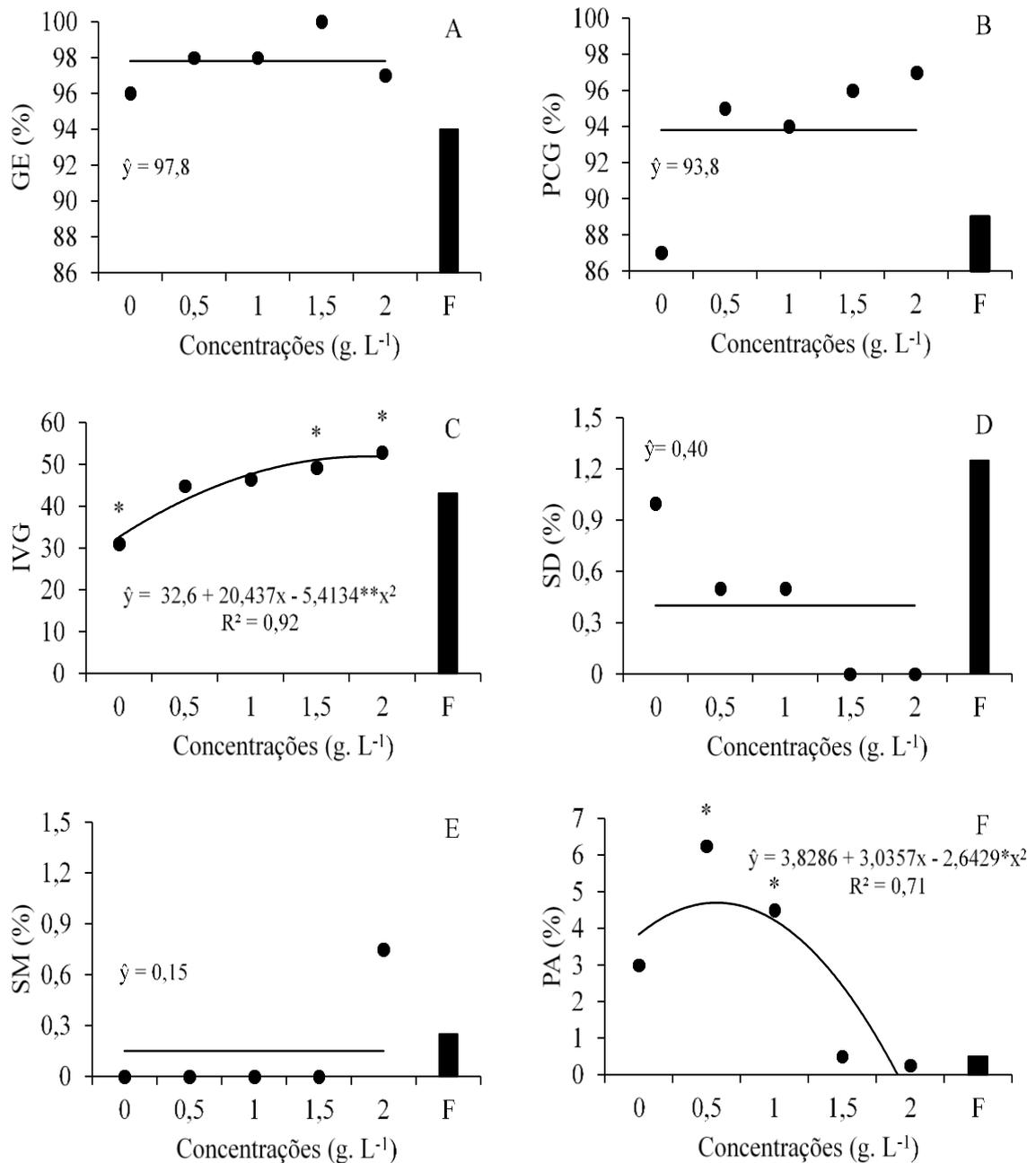


Figura 3. Percentual de germinação (GE), primeira contagem de germinação (PCG), índice de velocidade de germinação (IVG), sementes duras (SD) e mortas (SM) e plântulas anormais (PA), oriundas de sementes de melancia (*Citrullus lanatus* L.) tratadas com *Saccharomyces cerevisiae* (0; 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 g L<sup>-1</sup>). Médias seguidas de um asterisco (\*) diferem do padrão F = Fungicida (Captan® 220 g 100 L<sup>-1</sup> água) a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett.

A qualidade fisiológica das sementes é um aspecto muito importante na produção agrícola e está diretamente ligada à capacidade da semente desempenhar suas funções vitais, caracterizando-se pela longevidade, germinação e vigor [40]. Os tratamentos com *S. cerevisiae* nas concentrações de 1,5 e 2 g L<sup>-1</sup> se mostraram eficientes em não causar alterações nocivas a qualidade fisiológica das sementes de melancia (Figura 2).

As variáveis, matéria seca de parte aérea (MSA), matéria seca de plântulas (MSP), comprimento de raízes (CPR), comprimento de parte aérea (CPA) e comprimento de plântula (CPL) de sementes de melancia tratadas com *S. cerevisiae* em diferentes concentrações (0; 0,5; 1; 1,5 e 2 g L<sup>-1</sup>) não apresentaram diferença estatística ou diferiram do fungicida (Figura 2).

Ao avaliarem o controle do crestamento bacteriano por *S. cerevisiae* em feijoeiro, Hoffmann et al. (2012) [41] constataram que a levedura não influenciou na altura das plantas, comprimento de raiz, massa seca de raiz e massa seca de parte aérea, assim como nesse trabalho (Figura 2).

Ao tratar sementes de algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L. cv. BRS. Aroeira) com *S. cerevisiae*, Cruz et al. (2020) [40], comprovaram que a microbiolização das sementes foi eficiente na redução da incidência de fungos e no crescimento inicial de plântulas, obtendo resultados melhores que o tratamento químico. De forma diferente os tratamentos com doses 0,5, 1 e 1,5 g L<sup>-1</sup> em sementes de melancia apresentaram valores superiores de matéria seca de raízes (MSR) em relação aos demais, mas não diferiram estatisticamente quanto ao fungicida.

As concentrações de 0 e 2 g L<sup>-1</sup> quando comparadas com o fungicida apresentaram diferença estatística quanto a matéria seca de raízes. A máxima eficiência física, segundo o modelo quadrático, foi obtida com 1,28 g L<sup>-1</sup> de *S. cerevisiae*. Cruz et al. (2020) [40] também encontraram resultados melhores ao apontarem que houve acúmulo gradual de massa, conforme as concentrações de *S. cerevisiae* aumentaram, diferente dos resultados encontrados. Os resultados inferiores podem ser atribuídos ao uso de cepas diferentes e a própria interação entre a levedura e cultura, sendo que os metabólitos gerados por *S. cerevisiae* podem não ter capacidade de interação expressivamente positiva com plântulas melancia.

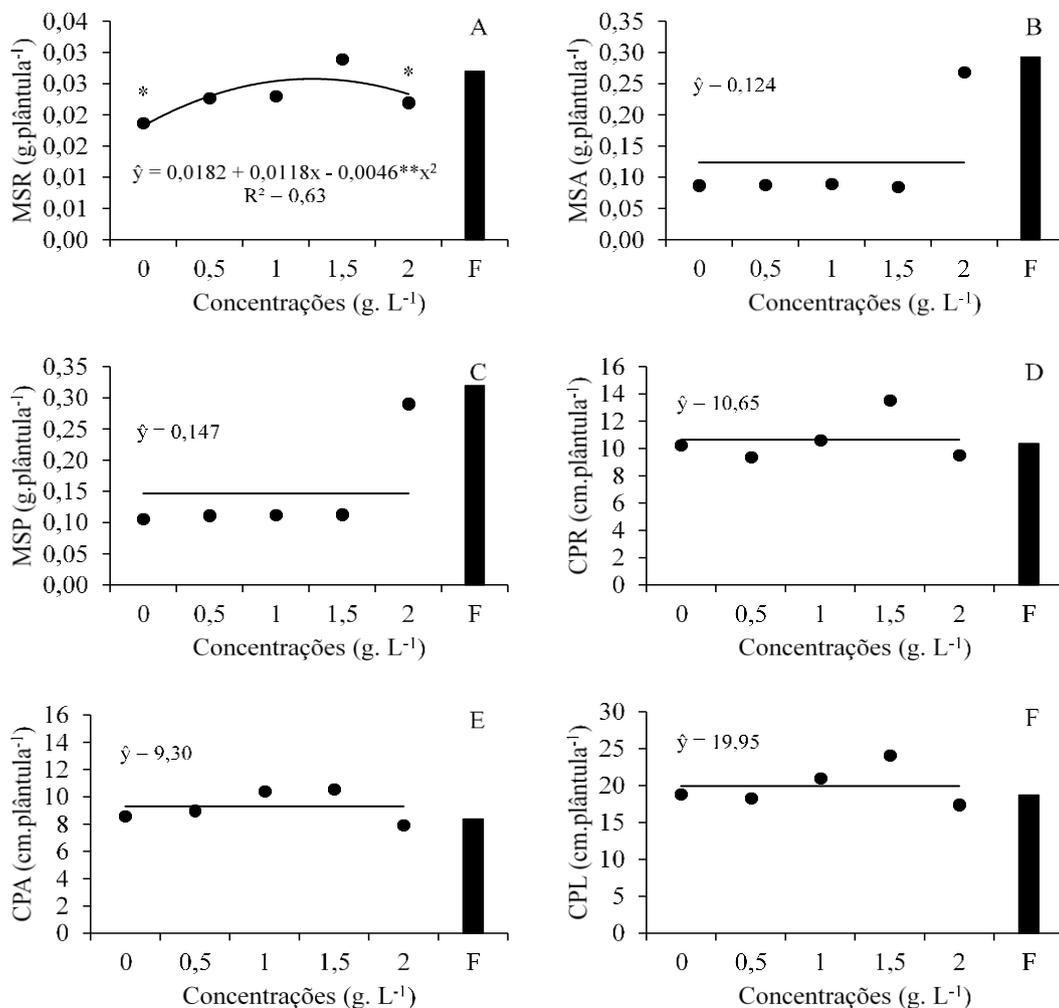


Figura 4. Matéria seca de raízes, (MSR), parte aérea, (MSA) e plântulas (MSP) e comprimento de raízes (CPR), parte aérea (CPA) e plântula (CPL), oriundas de plântulas de melancia (*Citrullus lanatus* L.) tratadas com *Saccharomyces cerevisiae*. Médias seguidas de um asterisco (\*) diferem do padrão (F = Fungicida) a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett.

A utilização de produtos biológicos no tratamento de sementes tem revelado uma alternativa promissora no desenvolvimento da agricultura sustentável, combatendo agentes patogênicos, atuando no desenvolvimento das culturas e ao mesmo tempo reduzindo a utilização excessiva de defensivos agrícolas [42].

#### 4. CONCLUSÃO

Nas condições em que foram conduzidos os estudos pode-se concluir que:

- Os óleos de erva-doce, hortelã e manjeriço inibiram o crescimento micelial e esporulação de *Fusarium* sp. *in vitro*;
- Apenas a dose de 1,5 g L<sup>-1</sup> de *Saccharomyces cerevisiae* apresentou resultados satisfatórios quanto a velocidade de germinação e massa do sistema radicular.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Sousa LFB, Melo A. Benefícios da *Moringa oleifera* para a saúde humana e meio ambiente. Rev Faculd Sab. 2019;4(07):472-84.
2. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). FAOSTAT. Crops data, 2020 [Internet]; 2020 [acesso em 21 abr 2022]. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>.
3. Wijesinghe SAEC, Evans LJ, Kirkland L, Rader R. A global review of watermelon pollination biology and ecology: The increasing importance of seedless cultivars. Scient Horticult. 2020 Sep;271:109493. doi: 10.1016/j.scienta.2020.109493
4. Lv X, Lan S, Guy KM, Yang J, Zhang M, Hu Z. Global expressions landscape of NAC transcription factor family and their responses to abiotic stresses in *Citrullus lanatus*. Sci Rep. 2016 Aug;6:30574. doi: 10.1038/srep30574
5. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Produção Agrícola Municipal, 2020 [Internet]; [acesso em 19 abr 2022]. Available from: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457#resultado>.
6. Mandal MK, Suren H, Kousik C. Elucidation of resistance signaling and identification of powdery mildew resistant mapping loci (*ClPMR2*) during watermelon-*Podosphaera xanthii* interaction using RNA-Seq and whole-genome resequencing approach. Sci Rep. 2020;10:14038. doi: 10.1038/s41598-020-70932-z
7. Terao D, De Lima NK, De Almeida HB, Dias RDCS. Identificação e manejo de doenças fúngicas da melancia. Jaguariúna (SP): Embrapa Meio Ambiente; 2019.
8. Bellé RB, Fontana DC. Patógenos de solo: principais doenças vasculares e radiculares e formas de controle. Enciclop Biosf. 2018 Dec;15(28):781-803. doi: 10.18677/EnciBio\_2018B65
9. Dias R, Santos JS. Panorama nacional da produção de melancia. Petrolina (PE): Embrapa Semiárido; 2019.
10. Silva LS, Medeiros TR, Silva APR, David GQ, Moya WP, Sorato AMC. Controle alternativo do fungo *Colletotrichum gloeosporioides* com óleos essenciais. Cadern Agroecol. 2018;13(1):1-6.
11. Milani M, De Oliveira DS, Morales EM. Resíduos de agrotóxicos em alimentos no Brasil. Interciênc Societ. 2020;5(1):25-37.
12. Santos JM, Menezes CP, Oliveira AA, Oliveira LE. Atividade antifúngica do óleo essencial de *Melissa officinalis* sobre isolados de *Cladosporium sphaerospermum*. Rev Cub Farmac. 2018 Mar;51(2):2.
13. Cassinelli AB, Luís F, Fronza J, Schwanbach J. Atividade antifúngica in vitro dos óleos essenciais *Eugenia uniflora* e *Psidium cattleianum* contra o fitopatógeno *Thielaviopsis basicola*. Rev Elet Cient. UERGS. 2019;5(3):250-6. doi: 10.21674/2448-0479.53.250-256
14. Costa e Carvalho RR, Warwick DRN, Souza PE, Carvalho Filho JLS. Efeito da temperatura no crescimento micelial, produção e germinação de esporos de *Thielaviopsis paradoxa* isolado de coqueiros em Sergipe. Scient Plen. 2011;7(9):090201.
15. Fernandes LCB, Albuquerque CC, Júnior RS, Oliveira FFM, Gurgel EP, Mesquita MV, et al. Fungitoxicity of plant extracts and essential oil of *Lippia gracilis* Schauer on the fungus *Monosporas cusannonballus* Pollack and Uecker. Sum Phytopathol. 2015;41(2):153-5. doi: 10.1590/0100-5405/1978
16. Seifert K, Morgan-Jones G, Gams W, Kendrick B. The genera of *Hyphomycetes*. Utrecht (NL): CBS-KNAW Fungal Biodiversity Centre; 2011.
17. Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes [Internet]. Brasília (DF): MAPA; 2009 [citado em 16 abr 2022]. Disponível em:

- [https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/arquivos-publicacoes-insumos/2946\\_regras\\_analise\\_\\_sementes.pdf](https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/arquivos-publicacoes-insumos/2946_regras_analise__sementes.pdf)
18. Maguire JD. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Scienc.* 1962;2(2):176-7. doi: 10.2135/cropsci1962.0011183X0002000200033x
  19. Larré CF, Marini P, Moraes CL, Amarante L, Moraes DM. Influência do 24 epibrassinolídeo na tolerância ao estresse salino em plântulas de arroz. *Semina: Ciênc Agrár.* 2014;35(1):67-76. doi: 10.5433/1679-0359.2014v35n1p67
  20. R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. Vienna (AT): R Foundation for Statistical Computing; 2019. Available from: <https://www.R-project.org/>.
  21. Ramos K, Andreani JR, Kozusny-Aandreani DI. Óleos essenciais e vegetais no controle *in vitro* de *Colletotrichum gloeosporioides*. *Rev Bras Plant Medicin.* 2016;18(2):605-12. doi: 10.1590/1983-084X/15\_192
  22. Gomes RSS, Nunes MC, Nascimento LC, Souza JO, Porcino MM. Eficiência de óleos essenciais na qualidade sanitária e fisiológica em sementes de feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.). *Rev Bras Plant Medic.* 2016; 18(1):279-87. doi: 10.1590/1983-084X/15\_117
  23. Simon JM, Schwan-Estrada KRF, Jardinetti VA, Oliva LSC, Silva JB, Scarabeli IGR. Atividade fungitóxica de extratos vegetais e produtos comerciais contra *Diplocarpon rosae*. *Sum Phytopathol.* 2016;42(4):351-6. doi: 10.1590/0100-5405/2209
  24. Ribeiro MGY, Grespan R, Kohiyama CY, Ferreira FD, Mossini SAG, Silva EL, et al. Effect of *Zingiber officinale* essential oil on *Fusarium verticillioides* and fumonisin production. *Food Chem.* 2013 Dec;141(3):3147-52. doi: 10.1016/j.foodchem.2013.05.144
  25. Graf AL, Coser E, Júnior JBT, Itako AT. Controle alternativo com óleos essenciais sobre a germinação de escleródios do fungo *Sclerotinia sclerotiorum*. *Sum Phytopathol.* 2017 Feb;43(suppl):1-6.
  26. Mondego JM, Melo PAFR, Pinto KMS, Nascimento LC, Alves EE, Batista JL. Controle alternativo da microflora de sementes de *Pseudobombax marginatum* com óleo essencial de copaíba (*Copaifera* sp.). *Biosci J.* Oct 2014;30(2):349-55.
  27. Swamy MK, Akhtar MS, Sinniah UR. Antimicrobial properties of plant essential oils against human pathogens and their mode of action: an updated review. *Evidence-Based Complem Alternat Medic.* 2016 Dec;2019:3012462. doi: 10.1155/2016/3012462
  28. Nascimento DM, Costa VGH, Kronka AZ. Inibição do crescimento micelial de *Fusarium solani* f. sp. *glycines* com o uso de óleos essenciais. *Revista de Agricultura Neotropical.* 2016;3(4):65-8. doi: 10.32404/rean.v3i4.1195
  29. Nam JH, Lee D. *Foeniculum vulgare* extract and its constituent, trans-anethole, inhibit UV-induced melanogenesis via ORAI1 channel inhibition. *J Dermatol Sci.* 2016;84(3):305-313. doi: 10.1016/j.jdermsci.2016.09.017.
  30. Mafra NSC, Everton GO, Ferreira AM, Sales EH, Júnior PSS, Mouchrek Filho VE. Potenciais biológicos do óleo essencial de *Ocimum basilicum* Linn coletada na região Pré-Amazônica do Maranhão. *Res Societ Developm.* 2020;9(8):e203985596. doi: 10.33448/rsd-v9i8.5596
  31. Reis EM, Casa RT, Bianchin V. Controle de doenças de plantas pela rotação de culturas. *Sum Phytopathol.* 2011 Sep;37(3):85-91. doi: 10.1590/S0100-54052011000300001
  32. Medeiros FHV, Silva JCP, Pascholati SF. Controle biológico de doenças de plantas. In: Kimati H, Amorim L, Bergamin Filho A, Camargo LEA. *Manual de fitopatologia: princípios de conceitos.* Ouro Fino (MG): Ceres; 2018. p. 261-74.
  33. Nascimento WM, Pessoa HBSV, Silva PP. Produção de sementes híbridas de abobora do tipo tetsukabuto. Brasília (DF): Embrapa Hortaliças; 2011.
  34. Zanardo NMT, Pascholati SF, Fialho MB. Resistência de plântulas de pepineiro a *Colletotrichum lagenarium* induzida por frações de extrato de *Saccharomyces cerevisiae*. *Pesq Agropec Brasil.* 2009 Nov;44(11):1499-503. doi: 10.1590/S0100-204X2009001100018
  35. Moretto C, Cervantes ALL, Batista Filho A, Kupper, KC. Integrated control of green mold to reduce chemical treatment in post-harvest citrus fruits. *Scient Horticult.* 2014 Jan;165:433-8. doi: 10.1016/j.scienta.2013.11.019
  36. Viecelli CA, Carvalho JC, Marchi FH. Controle biológico de oídio da soja com a utilização da levedura *Saccharomyces cerevisiae* e leite *in natura*. *Rev Thêms Scient.* 2014 Jul/Dec;4(2):184-8.
  37. Huang WK, Cui JK, Liu SM, Kong LA, Wu QS, Peng H, et al. Testing various biocontrol agents against the root-knot nematode (*Meloidogyne incognita*) in cucumber plants identifies a combination of *Syncephalastrum racemosum* and *Paecilomyces lilacinus* as being most effective. *Biol Control.* 2016;92:31-7, doi: 10.1016/j.biocontrol.2015.09.008.

38. Gao T, Wang Z, Huang Y, Keyhani NO, Huang Z. Lack of resistance development in *Bemisia tabaci* to *Isaria fumosorosea* after multiple generations of selection. *Sci Rep.* 2017;7:42727. doi: 10.1038/srep42727
39. Battistus AG, Stülp JL, Istchuk NA, Müller MA, Mioranza TM, Kuhn OJ. Efeitos de tratamentos biológicos alternativos e do fungicida químico Carboxim+ Thiram sobre a microflora de sementes de trigo (*Triticum aestivum*). *Cadern Agroecol.* 2011 Dec;6(2): 1-5.
40. Cruz JMFDL, Medeiros ECD, Farias ORD, Silva ECD, Nascimento LCD. Microbiolização de sementes de algodão orgânico com *Trichoderma* sp. e *Saccharomyces cerevisiae*. *J Seed Sci.* 2020;42:e202042021. doi: 10.1590/2317-1545v42229182
41. Hoffmann MRB, Kuhn OJ, Stangarlin JR, Battistus AG, Stülp JL, Meinerz CC. Controle do cretamento bacteriano comum por *Saccharomyces cerevisiae*, *Saccharomyces boulardii* e óleo essencial de laranja em feijoeiro suscetível e moderadamente resistente. *Cultiv Sab.* 2012;5(4):8-23.
42. Machado DFM, Parzianello FR, Silva ACF, Antonioli ZI. *Trichoderma* no Brasil: O fungo e o bioagente. *Rev Ciênc Agrár.* 2012 Jan/Jun;35(1):274-8, doi: 10.19084/rca.16182.