

Medidas de erradicação e Produtos inibidores do crescimento micelial in vitro do fungo *Neoscytalidium dimidiatum*, agente etiológico do cancro da pitaya

Eradication measures and products that inhibit in vitro mycelial growth of the fungus

Neoscytalidium dimidiatum, the etiological agent of pitaya canker

Medidas de erradicación y productos que inhiben el crecimiento micelial in vitro del hongo

Neoscytalidium dimidiatum, agente etiológico del cancro de la pitaya

Recebido: 25/03/2024 | Revisado: 02/04/2024 | Aceitado: 03/04/2024 | Publicado: 04/04/2024

Marcelo Loran de Oliveira Freitas

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1183-1630>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais, Brasil

E-mail: marcelo.freitas@ifmg.edu.br

Diogo Aparecido de Carvalho

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-0866-910X>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais, Brasil

E-mail: diogoapcarvalho4@gmail.com

Rodrigo de Souza Almeida

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-1942-3190>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais, Brasil

E-mail: rodrigoodesouzaalmeida@gmail.com

Resumo

O objetivo do presente trabalho foi identificar o agente causador da lesão necrótica circular presente em cladódios e frutos de pitaya, testar in vitro diferentes produtos com potencial efeito fungicida e avaliar o efeito de diferentes produtos erradicantes sobre os cladódios infectados podados. Foram analisados frutos e cladódios com sintoma de cancro da pitaya em lupa e microscópio, também foi feito o isolamento em BDA e inoculação em cladódios sadios para observação de sintomas. O fungo isolado foi colocado para crescer em meio de cultura BDA previamente misturado com os produtos; Óleo de mamona, Prevam, Biometal cobre, Kellus imune, Primecur, Kaumin, Bombardeiro, Serenade, Bordamil, Dithane, Bravonil, Mertin, Rovral, Sumilex, Mythos, Cantus, Fluazinam Nortox, Comet, Cercobin, Forum, Socre Flex, Cabrio Top, Orkestra, Opera, Nativo, Fusão, Tridium, Priori Xtra e Evolution. Foram aplicados sobre os cladódios infectados os produtos; Amônia Quartenária, Fortalece, Bordamil, Calda sulfocáucica todos nas concentrações de 5% e testemunha com objetivo de observar a esporulação, germinação de esporos e tempo de decomposição. Os cladódios e frutos de pitaya estavam com cancro da haste causado por *N. dimidiatum*. Os produtos; Prevam, Bordamil, Dithane, Mertin, Rovral, Sumilex, Fluazinam Nortox, Comet, Socre Flex, Cabrio Top, Orkestra, Opera, Nativo, Fusão, Tridium, Priori Xtra e Evolution nas doses testadas inibiram completamente o crescimento micelial do fungo *N. dimidiatum*. Os produtos; Bordamil®, Calda sulfocáucica, Amônia quartenária e Fortalece® nas concentrações de 5%, aceleraram a decomposição do cladódio tratado e reduziram a formação e a germinação dos conídios de *N. dimidiatum*.

Palavras-chave: *Hylocereus sp.*; Manejo; Fungicida; Fungo.

Abstract

The objective of this work was to identify the causal agent of the circular necrotic lesion present in cladodes and pitaya fruits, to test in vitro different products with potential fungicidal effect and to evaluate the effect of different eradicating products on infected pruned cladodes. Fruits and cladodes with symptoms of pitaya canker were analyzed using a magnifying glass and microscope. Isolation in PDA and inoculation was also carried out in healthy cladodes to observe symptoms. The isolated fungus was placed to grow in PDA culture medium previously mixed with the products; Castor oil, Prevam, Biometal copper, Kellus immune, Primecur, Kaumin, Bombardeiro, Serenade, Bordamil, Dithane, Bravonil, Mertin, Rovral, Sumilex, Mythos, Cantus, Fluazinam Nortox, Comet, Cercobin, Forum, Socre Flex, Cabrio Top, Orkestra, Opera, Nativo, Fusion, Tridium, Priori Xtra and Evolution. The products were applied to infected cladodes; Quaternary ammonia, Fortalece, Bordamil, Calda sulfocaucaica all in concentrations of 5% and control with the objective of observing sporulation, spore germination and decomposition time. Pitaya cladodes and fruits presented stem canker caused by *Neoscytalidium dimidiatum*. The products; Prevam, Bordamil, Dithane, Mertin, Rovral, Sumilex, Fluazinam Nortox, Comet, Socre Flex, Cabrio Top, Orkestra, Opera, Nativo, Fusion, Tridium, Priori Xtra and Evolution at the doses tested completely inhibited the mycelial growth of the *N. dimidiatum* fungus. The products; Bordamil®, Sulfocaucaic solution, Quaternary Ammonia and Fortalece® in

concentrations of 5% accelerated the decomposition of the treated cladode and reduced the formation and germination of *N. dimidiatum* conidia.

Keywords: *Hylocereus sp.*; Management; Fungicides; Fungi.

Resumen

El objetivo del presente trabajo fue identificar el agente causal de la lesión necrótica circular presente en cladodios y frutos de pitaya, probar in vitro diferentes productos con potencial efecto fungicida y evaluar el efecto de diferentes productos erradicadores sobre cladodios podados infectados. Se analizaron frutos y cladodios con síntomas de cancro de pitaya mediante lupa y microscopio, también se realizó aislamiento en PDA e inoculación en cladodios sanos para observar síntomas. El hongo aislado se colocó a crecer en medio de cultivo PDA previamente mezclado con los productos; Aceite de ricino, Prevam, Cobre biometal, Kellus inmune, Primecur, Kaumin, Bombardeiro, Serenade, Bordamil, Dithane, Bravonil, Mertin, Rovral, Sumilex, Mythos, Cantus, Fluazinam Nortox, Comet, Cercobin, Forum, Socre Flex, Cabrio Top, Orkestra, Opera, Nativo, Fusion, Tridium, Priori Xtra y Evolution. Los productos se aplicaron a los cladodios infectados; Amoniaco cuaternario, Fortalece, Bordamil, Calda sulfocaucaica todos en concentraciones del 5% y control con el objetivo de observar esporulación, germinación de esporas y tiempo de descomposición. Los cladodios y frutos de pitaya presentaron cancro en el tallo causado por *Neoscytalidium dimidiatum*. Los productos; Prevam, Bordamil, Dithane, Mertin, Rovral, Sumilex, Fluazinam Nortox, Comet, Socre Flex, Cabrio Top, Orkestra, Opera, Nativo, Fusion, Tridium, Priori Xtra y Evolution en las dosis probadas inhibieron completamente el crecimiento micelial del hongo *N. dimidiatum*. Los productos; Bordamil®, solución Sulfocaucaic, Amoniaco cuaternario y Fortalece® en concentraciones del 5% aceleraron la descomposición del cladodio tratado y redujeron la formación y germinación de conidios de *N. dimidiatum*.

Palabras clave: *Hylocereus sp.*; Manejo; Fungicidas; Hongos.

1. Introdução

A pitaya é uma fruta oriunda de plantas de várias espécies pertencentes ao gênero *Hylocereus spp.* As plantas do gênero *Hylocereus* são cactáceas que produzem uma fruta com brácteas verdes se assemelhando a pele de um dragão por esse motivo a pitaya é conhecida internacionalmente como fruta do dragão (Luu et al., 2021). Os países que mais produzem pitaya são Vietnã 1.074.242 toneladas, China 700.000 ton e Indonésia 221.832 correspondendo a 95% de toda pitaya produzida no mundo anualmente (Wakchaure et al. 2021). No Brasil é produzido cerca de 5.000 toneladas de pitaya por ano sendo essa produção destinada a atender o mercado interno (Faleiro, 2022).

A doença mais prejudicial para pitaya no mundo é o cancro da haste causada pelo fungo *Neoscytalidium dimidiatum* (Xu et al., 2018). O sintoma do cancro inicia com pequenas lesões alaranjadas que evoluem para círculos deprimidos de tamanho maior com coloração cinza onde aparecem os picnídios do fungo. Posteriormente essas lesões evoluem para uma grande podridão do caule ou do fruto dependendo do órgão afetado (Mohd et al., 2013). Essa doença teve seu primeiro relato em solo Brasileiro no ano de 2023 no estado do Amazonas (Silva et al., 2023) e como o principal método de propagação da pitaya é por fragmentos de caule chamados cladódios (Bastos et al., 2006) essa doença pode estar espalhada pelo país causando danos nas lavouras sem ser detectada corretamente.

Para identificar corretamente o cancro da pitaya é importante observar os sintomas e as estruturas reprodutivas do fungo utilizando lupa e microscópio. Ao observar a presença de picnídios e conídios ovais de 0 a 2 septos em lesões circulares deprimidas de coloração cinza podemos confirmar a presença do fungo *N. dimidiatum* (Cours et al., 2006; Mohd et al. 2013). Fullerton et al., (2018) relatam que ao identificar a presença do cancro em um pomar é necessário um programa de aplicação de fungicidas eficiente associada a eliminação de caules e frutos infectados com cancro para manter o pomar em alta produtividade.

Desse modo o objetivo do presente trabalho foi identificar o agente causador da lesão necrótica circular presente em cladódios e frutos cedidos por produtores das cidades de Bambuí e Moema MG, testar in vitro diferentes produtos com potencial efeito fungicida e avaliar o efeito de diferentes produtos erradicantes sobre os cladódios infectados podados.

2. Material e Métodos

O estudo foi conduzido no laboratório de fitopatologia do IFMG Câmpus Bambuí. O método científico utilizado foi o da experimentação onde as hipóteses elaboradas foram testadas (Koche, 2016; Pereira et al., 2018). Foram conduzidos três experimentos. O primeiro foi a identificação do patógeno, o segundo foi o teste in vitro para quantificar a sensibilidade do patógeno a fungicidas químicos e biológicos e o terceiro foi o teste de produtos erradicantes em cladódios doentes.

2.1 Identificação do patógeno

Produtores de Pitaya das cidades de Bambuí e Moema MG relataram a incidência de uma lesão necrótica desconhecida sobre os cladódios e frutos de pitaya as quais estavam causando queda de produtividade e qualidade dos frutos. Esses produtores disponibilizaram cladódios e frutos de pitaya com sintomas para que fosse feita a identificação.

O material foi analisado em lupa de bancada com aumento de 45x para observação de estruturas do patógeno. Fragmentos dessas estruturas foram colocadas sobre uma gota de água em uma lâmina de microscópio e coberta com uma lamínula e posteriormente observado em microscópio de luz. Todas as estruturas observadas foram fotografadas e comparadas com a literatura para identificação do patógeno causador.

Para confirmação do patógeno foi feito o isolamento em meio de cultura BDA. Foram feitos pequenos cortes de cladódios e frutos na região limítrofe da parte infectada e da parte sadia com o cuidado coletar também alguns picnídios do fungo. Em uma câmara de fluxo laminar foi feito a desinfestação desses materiais passando em álcool 70% por 30 segundos, hipoclorito de sódio a 2% por dois minutos e lavagem em água esterilizada por duas vezes. Após a desinfestação foi depositado 2 fragmentos por placa previamente cobertas por meio de cultura BDA e as placas foram acondicionadas em BOD a 25°C E fotoperíodo de 12 horas. Após o crescimento do fungo foi observado características da colônia como coloração, formato da hifa, tempo de crescimento e características dos esporos produzidos. Para confirmar se o fungo isolado causa o sintoma observado nas plantas, foram coletados cladódios sadios e com o auxílio de uma agulha esterilizada a colônia foi raspada e os cladódios perfurados com estas agulhas. Os cladódios foram acondicionados câmara úmida por 5 dias. Os sintomas observados foram fotografados e comparados com os sintomas dos cladódios cedidos pelos produtores.

2.2 Teste in vitro

Para avaliar a sensibilidade do fungo isolado a fungicidas químicos, biológicos e outros produtos utilizados pelos produtores na tentativa de controle foi conduzido um experimento in vitro. O experimento conduzido in vitro foi o de crescimento micelial onde todos os tratamentos foram comparados com a testemunha.

Foram testados 28 produtos sendo alguns deles já utilizados na propriedade com o intuito de reduzir a severidade da doença mesmo não sendo fungicidas. Os outros produtos testados foram fungicidas químicos, biológicos e aditivos (Tabela 1).

Tabela 1 – Produtos testados no crescimento in vitro de *Neoscytalidium dimidiatum*.

Produto	Ingrediente ativo	Dose*	Função
Óleo de mamona	Óleo de ricínio	1 mL/L	-
Prevam	Óleo de laranja	4 mL/L	Adjuvante
Biometal Cobre	Quelato de cobre NPA	1,7 mL/L	Nutricional
Kellus Imune	Elicitores	1,7 g/L	Nutricional
Primecur	Adjuvante	1 mL/L	Adjuvante
Kasumin	Casugamicina	10 mL/L	Antibiótico
Bombardeiro	<i>Bacillus subtilis</i> (CCTB04) ¹ + <i>Bacillus velezensis</i> , (CCTB09) ¹ + <i>Bacillus pumilus</i> , (CCTB05) ¹	7,5 mL/L	Fungicida Biológico
Serenade	Bacillus subtilis linhagem QST 713	10 mL/L	Fungicida Biológico
Bordamil	Sulfato de cobre	10 g/L	Fungicida protetor
Dithane	Mancozeb	2 g/L	Fungicida protetor
Bravonil	Clortalonil	3 mL/L	Fungicida protetor
Mertin	Hidróxido de fentina	5 mL/L	Fungicida protetor
Rovral	Iprodiona	15 mL/L	Fungicida curativo
Sumilex	Procimidona	150 g/L	Fungicida curativo
Mythos	Pirimetanil	6,7 mL/L	Fungicida curativo
Fluazinam Nortox	Fluazinam	15 mL/L	Fungicida curativo
Cantus	Boscalida	800 mg/L	Fungicida curativo
Comet	Piraclostrobina	2 mL/L	Fungicida curativo
Cercobin	Tiofanato metílico	900 mg/L	Fungicida curativo
Forum	Dimetomorfe	1 g/L	Fungicida curativo
Score Flex	Propiconazol + Difeconazol	3 mL/L	Fungicida curativo
Cabrio Top	Metiram + Piraclostrobina	2g/L	Fungicida curativo
Orkestra	Piraclostrobina + Fluxapiroxade	1,5 mL/L	Fungicida curativo
Opera	Epoxiconazol + Piraclostrobina	3,75 mL/L	Fungicida curativo
Nativo	Tebuconazol + Trifloxistrobina	5 mL/L	Fungicida curativo
Fusão	Tebuconazol + Metominostrobina	3,75 mL/L	Fungicida curativo
Tridium	Tebuconazol + Azoxistrobina + Mancozeb	7 g/L	Fungicida curativo
Priori Xtra	Ciproconazol + Azoxistrobina	1,87 mL/L	Fungicida curativo
Evolution	Protiocanazol + Azoxistrobina + Mancozeb	12,5 g/L	Fungicida curativo

* Dose do produto comercial. ¹ Identificação do isolado entre parênteses. Fonte: Autores.

Como não há registro de fungicidas para a cultura da pitaya as definições das doses foram baseadas nas doses dos produtos recomendadas para fruteiras e culturas perenes.

Para a realização do experimento foi utilizado meio de cultura BDA (Batata Dextrose Ágar). Foram preparados 30 elemeyers com 100 mL de BDA e quando o meio de cultura estava liquefeito foram depositados os produtos e agitados até ficarem homogêneos. Após a homogeneização o meio de cultura foi vertido em placas de Petri de 9 cm de diâmetro. Os tratamentos Bombardeiro e Serenade por serem biológicos foram diluídos em água destilada e esterilizada e depois 2 µL da suspensão bacteriana foi depositado sobre o BDA já solidificado em placa e espalhados com uma alça de drigalski até a cobertura completa da placa. Após esse procedimento fragmentos da colônia do fungo foram depositadas do centro da placa de petri e essas foram incubadas em BOD a 25° C e fotoperíodo de 12 horas por 5 dias. O crescimento das colônias foi avaliado pela medição do diâmetro da colônia em duas direções diariamente com auxílio de um paquímetro até a finalização do experimento, que se deu quando a testemunha tomou a placa.

O experimento foi conduzido em Delineamento inteiramente casualizado com 30 tratamentos e 5 repetições sendo cada placa de petri uma repetição. Os dados de diâmetro médio da colônia foram submetidos a análise de variância e quando significativos os dados foram submetidos ao teste de média Scott Knott a 5% de significância.

2.3 Teste de produtos erradicantes em cladódios doentes

Para avaliar o efeito de produtos erradicantes foi realizado um experimento onde cladódios doentes foram coletados em campo e cortados em pedaços contendo um número de 15 lesões ou mais. Os produtos erradicantes testados estão sumarizados na Tabela 2.

Tabela 2 – Produtos erradicantes aplicados em fragmentos de cladódios de pitaya com sintoma de cancro.

Tratamentos	Composição	Dose
Bordamil	Sulfato de cobre	5%
Calda sulcoclálica	Enxofre + cobre	5%
Amônia Quartenária	Amônia Quartenária	5%
Fortalece	Amônia Quartenária + Cobre	5%
Testemunha	-	-

Fonte: Autores.

Os cladódios foram colocados sobre um gramado com o intuito de simular o solo da entrelinha da lavoura onde são depositados os cladódios após a poda de limpeza. Os produtos foram preparados e aplicados com pulverizador manual até o ponto de escurimento. Após a aplicação os cladódios ficaram por 24 horas sobre o gramado. Nesse período não houve precipitação. Após esse período os cladódios foram acondicionados em câmara úmida dentro de sacos plásticos e algodão umedecido com água esterilizada por um período de 72 horas. Após esse período foi observado em lupa de 45x de aumento a presença de esporulação do fungo em cada lesão. Também foi observado e fotografado a condição de decomposição de cada cladódio. Para avaliação da efetividade do tratamento erradicante foi realizado o teste de germinação dos conídios coletados dos cladódios. Para esse ensaio foram utilizadas 10 placas de Petri de 6 cm. Foi depositado água mineral esterilizada sobre o fundo da placa e posteriormente as lesões com esporos foram raspadas e depositadas nessas placas. As placas foram acondicionadas em BOD a 25° C e fotoperíodo de 12 horas por 24 horas. Após esse período foi avaliado a germinação de 50 esporos por placa e calculado a porcentagem de germinação.

Esse experimento foi conduzido em Delineamento Inteiramente Casualizado com 5 tratamentos e 10 repetições. Os dados de porcentagem de germinação foram submetidos a análise de variância e quando significativos os dados foram submetidos ao teste de média Scott Knott a 5% de significância.

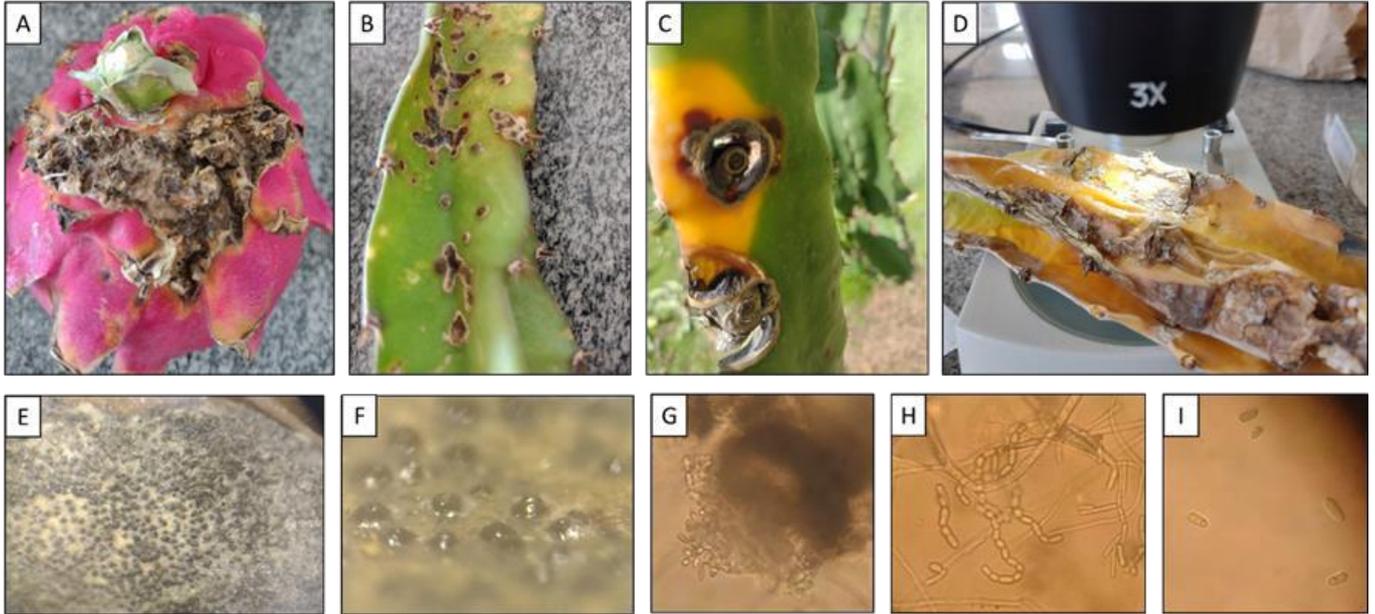
3. Resultados

3.1 Identificação do patógeno

Os Frutos e cladódios fornecido pelos produtores estavam com sintoma de cancro da haste da pitaya causado pelo fungo *Neoscytalidium dimidiatum*.

Frutos e cladódios sintomáticos (Figura 1 A, B e C) foram observados em uma lupa de bancada (Figura 1 D). Ao focar o material na lente de 15 vezes de aumento já foi possível observar pequenos pontos negros sobre as lesões de cor palha (Figura 1 E) e ao focar na lente de 45 vezes de aumento foi possível observar que os pontos negros são uma estrutura reprodutiva de fungo que abriga os esporos, com formato piriforme, chamada de picnídios (Figura F). Ao levar essas estruturas para serem observadas em microscópio de luz foi possível confirmar a presença de picnídios carregados de conídios de formato oval (Figura 1 G). Outro tipo de formação de esporos foi observado no microscópio sendo este a produção de conídios livres e em cadeia (Figura 1 E). Os esporos observados possuíam um formato oval e as vezes com um septo no meio (Figura 1 F).

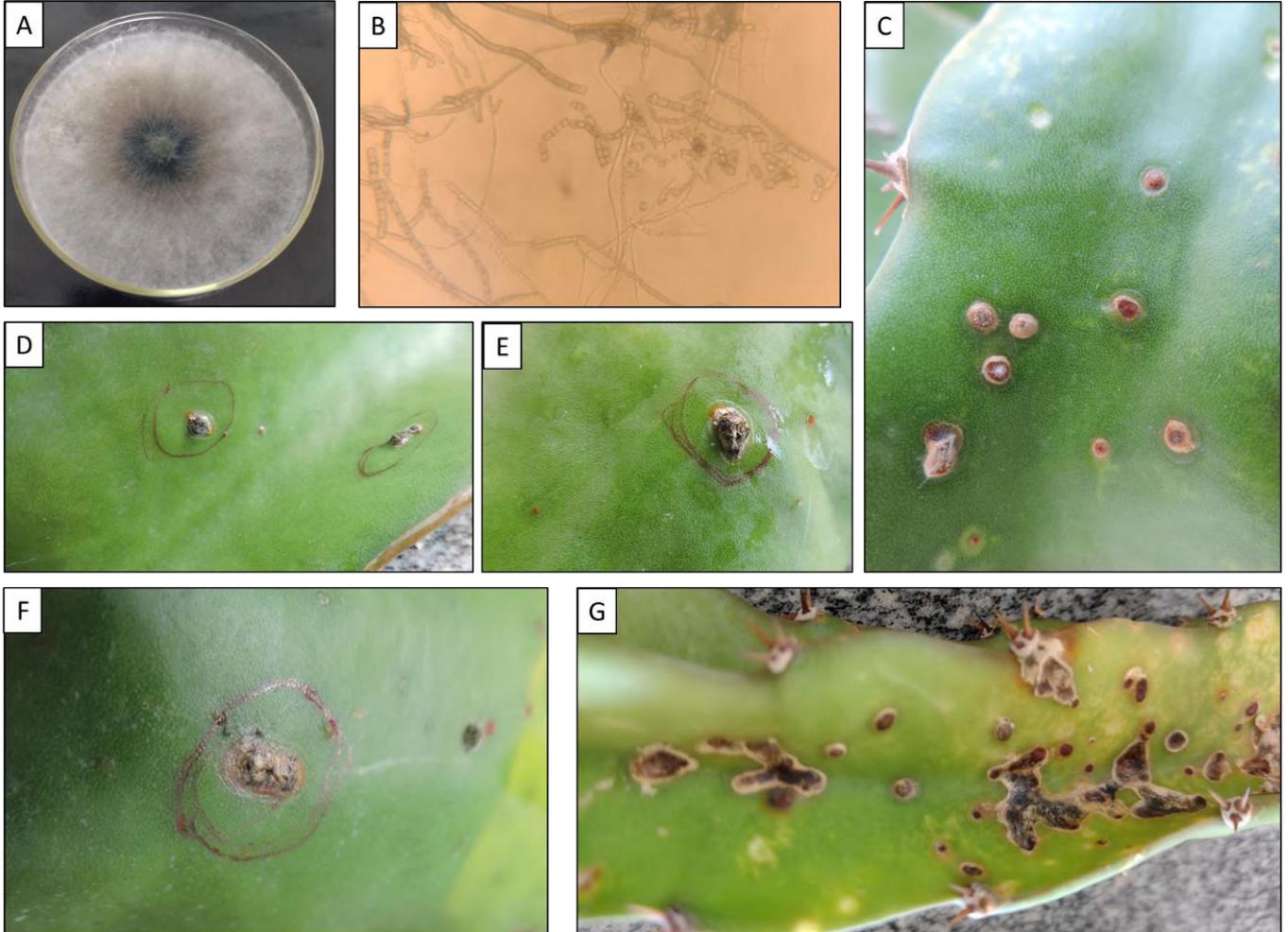
Figura 1 – Frutos e cladódios de pitayas doentes avaliados em lupa e microscópio. A – Fruto de pitaya com sintoma de cancro. B e C – Cladódios de pitaya com sintoma de cancro. D – Cladódio com sintoma sendo observado com lupa. E e F – Picnídio do fungo observado por lupa. G – Picnídio do fungo observado em microscópio de luz. H – Conídios do fungo produzido em cadeia. I – Conídios do fungo.



Fonte: Autores.

Após o isolamento em BDA foi observado o crescimento de um fungo com uma colônia aérea de coloração cinza clara que com o passar do tempo adquire uma coloração escura e que levou de 4 dias para ocupar uma placa de Petri de 9 cm de diâmetro (Figura 2 A). Ao retirar fragmentos dessa colônia e observar em microscópio de luz foi possível observar os conídios em cadeia semelhantes aos retirados dos cladódios e frutos contaminados (Figura 2 B). Ao inocular o fungo em um cladódio sadio foi possível observar a formação da lesão do fungo (Figura 2 D, E e F) semelhante as lesões com sintoma fornecida pelos produtores (Figura 2 C e G).

Figura 2 – Fungo isolado, cladódios inoculados e cladódios naturalmente doentes. A – Colônia do fungo isolado (*Neoscytalidium dimidiatum*). B – Esporo do fungo isolado. C e G – Cladódios de pitaya com sintoma de cancro fornecido pelos produtores. D, E e F – Cladódio inoculado com o fungo isolado apresentando sintomas semelhantes aos cladódios fornecido pelos produtores.



Fonte: Autores.

3.2 Teste in vitro

Houve diferença significativa entre os produtos testados in vitro quanto a inibição do crescimento micelial do fungo *Neoscytalidium dimidiatum* (Tabela 3).

Tabela 3 – Efeito de diferentes produtos sob o crescimento micelial do fungo *Neoscytalidium dimidiatum*.

Tratamento	Crescimento (cm)	Tratamento	Crescimento (cm)
Testemunha	9,0 a	Dithane	0,0 f
Biometal Cobre	9,0 a	Mertin	0,0 f
Kellus imune	9,0 a	Rovral	0,0 f
Óleo de mamona	9,0 a	Sumilex	0,0 f
Forum	9,0 a	Fluazinam Nortox	0,0 f
Primecur	8,8 a	Comet	0,0 f
Cantus	5,0 b	Socre Flex	0,0 f
Bombardeiro	2,7 c	Cabrio Top	0,0 f
Kasumin	2,6 c	Orkestra	0,0 f
Cercobin	2,4 c	Opera	0,0 f
Bravonil	2,0 d	Nativo	0,0 f
Mythos	0,8 e	Fusão	0,0 f
Serenade	0,7 e	Tridium	0,0 f
Prevam	0,0 f	Priori Xtra	0,0 f
Bordamil	0,0 f	Evolution	0,0 f

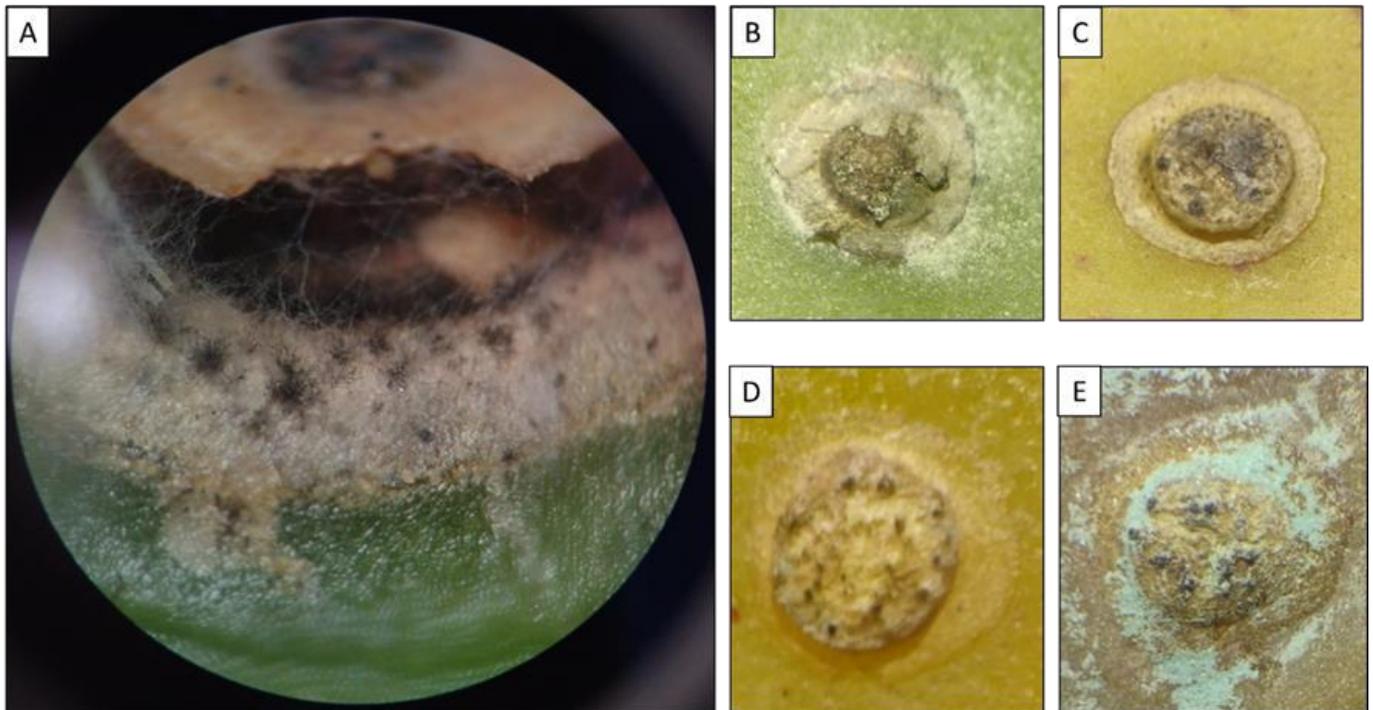
Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste Scott Knott a 5% de significância. Fonte: Autores.

Dentre os adjuvantes e produtos com função nutricional somente o produto Prevam a base de óleo de laranja foi capaz de inibir totalmente o crescimento micelial do fungo *N. dimidiatum*. Os demais produtos presentes nessa categoria não afetaram o crescimento do fungo. O antibiótico Kasumin e os produtos biológicos Bombardeiro e Serenade diferiram da testemunha, porém não inibiram totalmente o crescimento micelial do fungo *N. dimidiatum*. Considerando os produtos biológicos o Serenade inibiu mais o crescimento micelial. Dentre os fungicidas protetores testados todos inibiram completamente o crescimento micelial do fungo *N. dimidiatum*, porém o produto Bravonil a base de clorotalonil não inibiu completamente o crescimento do fungo. A maioria dos produtos à base de fungicida curativo foi eficiente na inibição total do crescimento micelial do fungo *N. dimidiatum*. Somente o Forum a base de dimetomorfe não inibiu em nada o crescimento micelial do fungo. Os fungicidas Cantus, Cercobin e Mythos inibiram parcialmente o crescimento micelial do fungo *N. dimidiatum*. Decrescendo em eficiência na ordem citada.

3.3 Teste de erradicação

Apenas na testemunha foi possível observar uma grande produção de esporos em cadeia a em algumas das lesões (Figura 3 A). Nas demais lesões não foi possível observar a produção de esporos livres (Figura 3 B, C, D e E) indicando um efeito esporicida de todos os produtos utilizados no teste de erradicação.

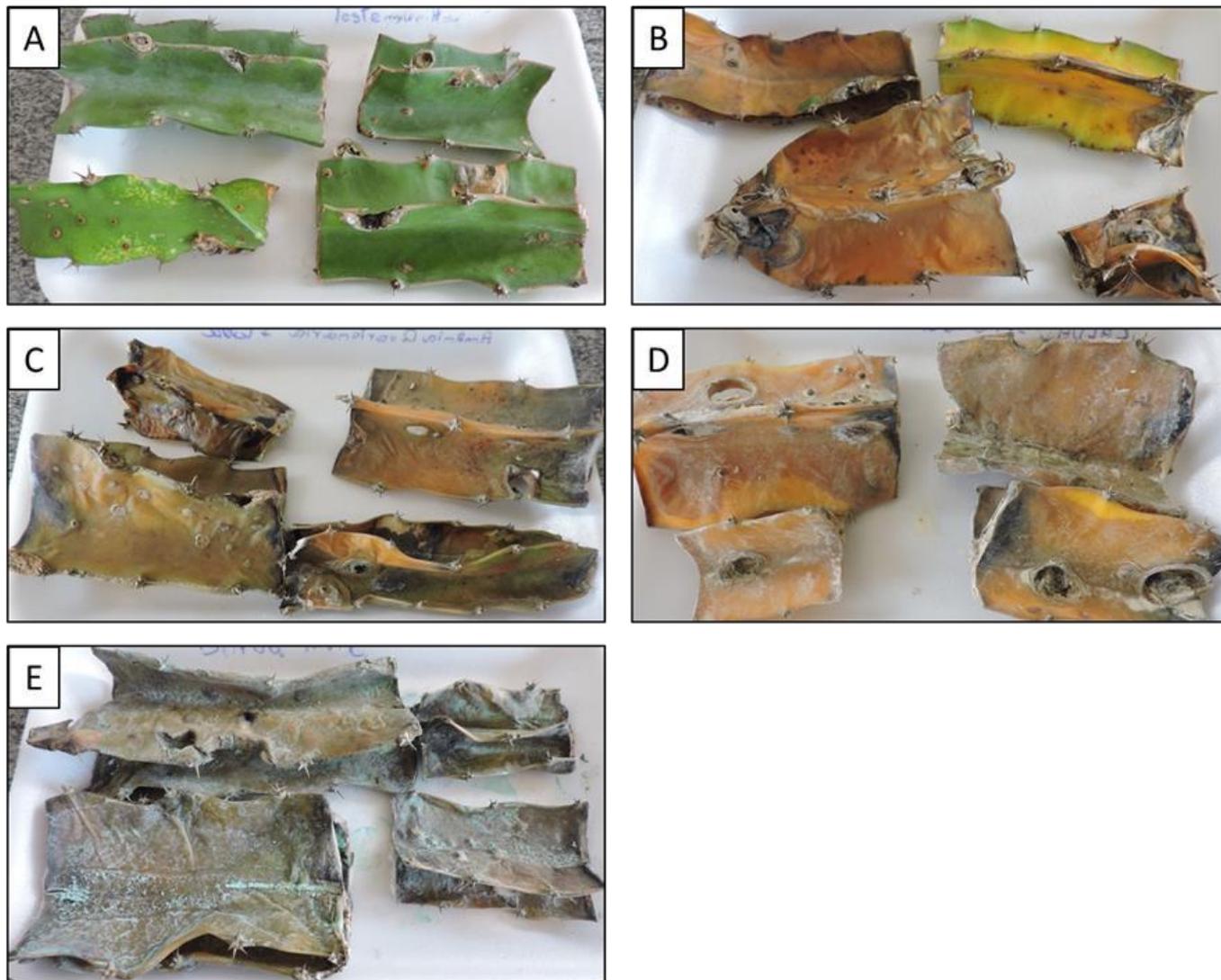
Figura 3 – Esporulação das lesões de cancro tratadas com produtos erradicantes. A – Testemunha. B – Calda sulfocálcica a 5%. C – Fortalece a 5%. D – Amônia quartenária a 5% e Bordamil a 5%.



Na testemunha podemos observar a formação de esporos e nos demais tratamentos não. Fonte: Autores.

Todos os produtos testados aceleraram a decomposição do cladódio em relação a testemunha (Figura 4). Os tratamentos Fortalece e Bordamil apresentaram a maior taxa de decomposição.

Figura 4 – Cladódios de pitaya com cancro da haste tratados com produtos erradicantes. A – Testemunha, B – Amônia quartenária a 5%. C - Fortalece a 5%. D – Calda sulfocálcica A 5% e Bordamil a 5%.



Estado de decomposição dos cladódios tratados com os produtos erradicantes. Fonte: Autores.

Houve diferença significativa na percentagem de germinação dos conídios do fungo *N. dimidiatum* obtidos das lesões de cancro da haste da pitaya tratadas com os produtos erradicantes (Tabela 4).

Tabela 4 – Porcentagem de germinação de conídios de *N. dimidiatum* obtidos de cladódios de pitaya tratados com produtos erradicantes.

Tratamento	Porcentagem de germinação de conídios
Testemunha	27,2% a
Bordamil 5%	00,0% b
Calda sulfocálcica 5%	00,7% b
Amônia Quartenaria 5%	00,7% b
Fortalece 5%	00,0% b

Fonte: Autores.

Todos os produtos erradicantes testados praticamente reduziram a zero a germinação dos conídios de *N. dimidiatum*. Nos tratamentos Bordamil e Fortalece foi muito difícil encontrar esporos nas lesões de cancro para realização do teste e dos poucos encontrados nenhum germinou.

4. Discussão

A presença de picnídios e conídios aéreos (Figura 1 E, F, G e H) cilíndricos, marrom escuro contendo de 0 a 2 septos localizados em lesões circulares e ocas de coloração palha (Figura 1 C) indicam que o cladódio está com cancro da pitaya causado pelo fungo *N. dimidiatum* (Cours et al., 2006; Mohd et al. 2013).

Silva et al. (2023) Fizeram o primeiro relato do fungo *N. dimidiatum* causando cancro em lavouras de pitaya no estado do Amazonas revelando que a doença já está presente no Brasil e como o principal método de propagação da pitaya é a utilização de pedaços de caule conhecidos por cladódios (Bastos et al., 2006) provavelmente esse patógeno já foi disseminado para outras regiões do Brasil podendo ter chegado ao estado de Minas Gerais

Riska et al., (2023) relataram que o fungo *N. dimidiatum* iniciou o crescimento em BDA com uma coloração branco acinzentado evoluindo para um cinza escuro e posteriormente adquirindo uma coloração escura. Também foi relatado que a colônia apresentava micélio aéreo com cadeia de esporos. Essas características da colônia são idênticas as observadas no presente trabalho (Figura 2 A e B) revelando que o fungo isolado foi o *N. dimidiatum*.

Ao inocular os cladódios com o fungo isolado foi possível observar lesões de coloração parda, necrótica e protuberante com posterior formação de micélio sobre as lesões (Figura 2 D, E e F) assim como relatado por Dy et al., (2022), Riska et al., (2023) e Taguiam et al., (2020) em seus respectivos trabalhos.

O aditivo Prevam a base de óleo de laranja inibiu completamente o crescimento micelial do fungo *N. dimidiatum* (Tabela 3). Já foi observado o efeito do óleo de laranja causando danos a membrana plasmática, a parede celular, vacúolo e outras organelas do fungo *Fusarium graminearum* (Jian et al., 2023) provavelmente o óleo danificou as hifas de *N. dimidiatum* da mesma forma. O óleo essencial de cravo mostrou ser eficiente na inibição do crescimento micelial do fungo *Neoscytalidium* (Hashem et al., 2023) indicando que alguns óleos podem ser eficientes na inibição desse fungo.

O antibiótico casugamicina é recomendado em cultivos comerciais de Pitaya em outros países (Morillo Coronado et al., 2022). Também é conhecido que a casugamicina tem efeito fungicida (Kasumin, 2023) portanto a redução do crescimento micelial de *N. dimidiatum* (Tabela 3) é possível.

Ratanaprom et al., (2021) relataram a boa eficiência no manejo do cancro da pitaya após aplicações da bactéria *Bacillus subtilis*. Corroborando com o resultado de redução do crescimento do fungo *N. dimidiatum* encontrado no presente trabalho com a aplicação dos produtos Bombardeiro e Serenade que contém a bactéria *B. subtilis* como componente. Alguns trabalhos descrevem efeitos distintos de controle do fungo *N. dimidiatum* quando utilizado diferentes linhagens de *B. subtilis* (An, et al., 2020) o que explica o fato de dois produtos biológicos a base de *B. subtilis* apresentarem diferentes porcentagens de inibição de crescimento do fungo.

O fungicida Bordamil a base de cobre inibiu completamente o crescimento do fungo *N. dimidiatum*. É conhecida a eficiência dos produtos à base de cobre utilizados na proteção dos cladódios contra o fungo *N. dimidiatum* (Ueyen et al., 2018).

A utilização de fungicidas protetores a base de Mancozeb inibiu completamente o crescimento micelial do fungo *N. dimidiatum* na dosagem de 2g/L no presente trabalho essa dose é menor que as 5g/L testada no trabalho conduzido por Taguiam et al., (2020). Esse resultado demonstrou que até mesmo em doses menores o mancozeb é eficiente na inibição do crescimento micelial de *N. dimidiatum*.

O fungicida fórum a base de Dimetomorfe não foi eficiente na redução do crescimento do fungo *N. dimidiatum* por que esse ingrediente ativo atua na inibição da síntese de celulose presente na parede celular dos oomycetos (Blum et al., 2010).

O *N. dimidiatum* pertence à família Botryosphaerales e classe Dothideomycetes (Crous et al., 2006; Garcia et al., 2021) sendo, portanto, um fungo do filo ascomyceto que possuem quitina ao invés de celulose como componente da parede celular (Beauvais & Latgé, 2018).

Yumbo (2022) testando a sensibilidade in vitro do fungo *Neoscytalidium* observou que o ingrediente boscalida não foi eficiente em todas as doses testadas se assemelhando ao presente trabalho onde foi verificado que a boscalida foi mais eficiente que a testemunha e menos eficiente que os outros fungicidas (Tabela 2). O ingrediente Tiofanato metílico apresentou boa eficiência na inibição do crescimento micelial do fungo *N. novaehollandiae* causador de cancro nas amêndoas assim como observado no presente trabalho para o fungo *N. dimidiatum*.

Os demais fungicidas curativos apresentaram boa inibição do crescimento micelial de *N. dimidiatum*. O fungicida Rovral a base de Iprodione e o fungicida Sumilex a base de Procimidona apresentam boa eficiência no manejo *N. dimidiatum* em manga (Ajitomi et al., 2020). Quanto ao Fluazinam já foi observado que esse ingrediente ativo também foi eficiente no controle de *N. novaehollandiae*, causador do cancro em amêndoas (Sakçi et al., 2021). O ingrediente ativo Pirimetanil presente no fungicida Mythos apresentou boa eficiência na inibição do crescimento micelial de *Botryosphaeria dothidea*, *Phomopsis sp.* e *Botrytis cinerea* (Wu et al., 2021) que são fungos da mesma família do *N. dimidiatum* (Crous et al., 2006). Taguiam et al., (2020) testando a Piraclostrobrina na dose de 2,5 mL/L observaram uma inibição total do crescimento micelial de *N. dimidiatum* enquanto no presente trabalho a dose de 2 mL/L já foi eficiente na inibição.

O produto Opera contendo Epoxiconazol e Piraclostrobrina apresentou inibição total do crescimento micelial de *N. dimidiatum*. Lan et. al. (2019) observaram uma baixa eficiência do ingrediente ativo epoxiconazol na inibição do crescimento de *N. dimidiatum* indicando que talvez a inibição total se deu pela presença da Piraclostrobrina no produto que mostrou ser eficiente na inibição de *N. dimidiatum*.

O fungicida Cabrio Top a base de Metiram e Piraclostrobrina apresentou inibição total que em parte é atribuída a Piraclostrobrina presente, porém, o Metiram possivelmente contribuiu na inibição visto que os ingredientes ativos Mancozeb e Propineb foram eficientes contra *N. dimidiatum* (Nguyen et al., 2023; Taguiam et al., 2020) e esses pertencem ao grupo químico Ditiocarbamato no qual faz parte também o Metiram.

Lan et. al. (2019) observaram um efeito bom e duradouro no controle do cancro da pitaya após aplicação do ingrediente ativo Difeconazol. O produto Score Flex contendo Difeconazol com um dos ingredientes ativos também inibiu completamente o crescimento do *N. dimidiatum* no presente trabalho. A mistura Piraclostrobrina + Fluxapiroxade já foi testada em diversas doses na inibição do crescimento micelial de *N. dimidiatum* isolado de mangueira (*Mangifera indica*) (Andrade et al., 2018). Sakçi et al., (2021) observaram que o Tebuconazol foi muito eficiente no crescimento micelial de *N. novaehollandiae* porém a trifloxistrobrina não foi eficiente. Pode ser que Tebuconazol presente no produto Nativo foi o responsável pela inibição do fungo e não a trifloxistrobrina. Os produtos Nativo, Fusão e Tridium que contém o Tebuconazol como um dos ingredientes ativos foram eficientes na inibição do crescimento micelial assim como o relatado por Sakçi et al., (2021).

Os produtos Priori Xtra e Evolution a base de Azoxistrobrina inibiram completamente o crescimento micelial de *N. dimidiatum*. A azoxistrobrina apresentou uma eficiência de 40% na inibição do *N. dimidiatum* (Yumbo, 2022) em outros trabalhos realizados, indicando que os outros ingredientes ativos dos produtos Priori Xtra e Evolution contribuíram na inibição do crescimento de *N. dimidiatum*.

A aplicação de produtos erradicantes na redução de inóculo de patógeno é uma prática comum no cultivo de fruteiras (Ayres et al., 2022; Poni & Palliotti, 2022). A poda de limpeza associado a eliminação de caules infectados com cancro da haste da pitaya é fundamental para o controle eficiente da doença (Fullerton et al., 2018; Hong et al., 2020)

A aplicação de produtos para acelerar a decomposição de material vegetal contaminado é uma prática importante no manejo da sigatoka amarela da bananeira (Esguera et al., 2024). Olivares et al., (2022) relataram que a aplicação de uréia a 10% acelera a decomposição (Figura 4) e inibe a formação de esporos nas lesões o que foi observado na aplicação de todos os produtos erradicantes testados no presente trabalho (Figura 3).

O fungo *N. dimidiatum* sobrevive nos cladódios contaminados (Hong et al., 2020) portanto acelerar a decomposição e impedir a formação dos esporos nesses tecidos se apresentam como formas eficientes de reduzir o patógeno na área.

Os produtos testados para erradicação (Tabelas 2 e 4) inibiram quase totalmente a germinação dos esporos obtidos das lesões de cladódios tratados. Como o fungo *N. dimidiatum* depende dos esporos viáveis para disseminação (Hong et al., 2020) esses produtos erradicantes testados contribuirão para o manejo do cancro da pitaya.

5. Conclusões

Os cladódios e frutos de pitaya fornecidos pelos produtores de Bambuí e Moema MG estavam com cancro da haste causado por *N. dimidiatum*.

Os produtos; Prevam, Bordamil, Dithane, Mertin, Rovral, Sumilex, Fluazinam Nortox, Comet, Socre Flex, Cabrio Top, Orkestra, Opera, Nativo, Fusão, Tridium, Priori Xtra e Evolution nas doses testadas inibiram completamente o crescimento micelial do fungo *N. dimidiatum*.

Os produtos; Bordamil®, Calda sulfocáucica, Amônia quartenária e Fortalece® nas concentrações de 5%, aceleraram a decomposição do cladódio tratado e reduziram a formação e a germinação dos conídios de *N. dimidiatum*.

Baseado nesses resultados serão necessários experimentos que avaliem a eficiência dos produtos no controle do cancro da pitaya em campo.

Agradecimentos

Agradecemos aos produtores; Ercy Gomes da Nascente da Pitaya, Iris Gontijo da Pitayas Moema, Afif Jawabri da Pitaya Jawa e Valter Oppata da Fazenda Valter Oppata, pelos materiais e produtos cedidos para realização do trabalho.

Agradecemos ao professor Ricardo Monteiro Correa por ceder o laboratório para realização do experimento.

Referências

- Ajitomi, A., Minoshima, A., Takushi, T., Truong, H. H., Oshiro, A., Yamashiro, M., & Hirooka, Y. (2020). First report of mango (*Mangifera indica*) stem-end rot caused by two Diaporthe species and their susceptibility to procymidone. *Journal of general plant pathology*, 86, 237-244.
- An, N. N., Thao, H. H. M., Yen, H. N. H., Hanh, N. T. D., HOA, N. L. H., TIEN, T. T. T., & VIET, P. T. (2020). Isolation, identification and characterization of bacterial antagonists of the dragon fruit fungal pathogen *Neoscytalidium dimidiatum*. *Journal of Science and Technology-IUH*, 44(02).
- Andrade, J. N., dos Santos, D. D. B., Barbosa, M., & Batista, D. D. C. (2018). Eficiência de doses da mistura de fluxapiraxade e piraclostrobina no crescimento de *Lasiodiplodia theobromae* e *Neoscytalidium dimidiatum*.
- Ayres, M. R., Billones-Baaijens, R., Savocchia, S., Scott, E. S., & Sosnowski, M. R. (2022). Critical timing of fungicide application for pruning wound protection to control grapevine trunk diseases. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 28(1), 70-74.
- Bastos, D. C., Pio, R., Scarpate Filho, J. A., Libardi, M. N., Almeida, L. F. P. D., Galuchi, T. P. D., & Bakker, S. T. (2006). Propagação da pitaya vermelha por estaquia. *Ciência e Agrotecnologia*, 30, 1106-1109.
- Blum, M., Boehler, M., Randall, E. V. A., Young, V., Csukai, M., Kraus, S., & Fonne-Pfister, R. A. Y. M. O. N. D. E. (2010). Mandipropamid targets the cellulose synthase-like PiCesA3 to inhibit cell wall biosynthesis in the oomycete plant pathogen, *Phytophthora infestans*. *Molecular plant pathology*, 11(2), 227-243.
- Crous, P. W., Slippers, B., Wingfield, M. J., Rheeder, J., Marasas, W. F., Philips, A. J., & Groenewald, J. Z. (2006). Phylogenetic lineages in the Botryosphaeriaceae. *Studies in mycology*, 55(1), 235-253.
- Dy, K. S., Wonglom, P., Pornsuriya, C., & Sunpapao, A. (2022). Morphological, molecular identification and pathogenicity of *Neoscytalidium dimidiatum* causing stem canker of *Hylocereus polyrhizus* in southern Thailand. *Plants*, 11(4), 504.

- Esguera, J. G., Balendres, M. A., & Paguntalan, D. P. (2024). Overview of the Sigatoka leaf spot complex in banana and its current management. *Tropical Plants*, 3(1).FALEIRO, F. G. Pitaya: a fruta que está conquistando o Brasil. 2022.
- Fullerton, R. A., Sutherland, P. A., Rebstock, R. S., Hieu, N. T., Thu, N. N. A., Linh, D. T., & Van Hoa, N. (2018). The life cycle of dragon fruit canker caused by *Neoscytalidium dimidiatum* and implications for control. *Management*, 11.
- Hashem, A. H., Abdelaziz, A. M., Hassanin, M. M., Al-Askar, A. A., Abdelgawad, H., & Attia, M. S. (2023). Potential impacts of clove essential oil nanoemulsion as bio fungicides against *Neoscytalidium* blight disease of *Carum carvi* L. *Agronomy*, 13(4), 1114.
- Hong, C. F., Zhang, S., Gazis, R., Crane, J. H., & Wasielewski, J. (2020). Stem and Fruit Canker of Dragon Fruit in South Florida: PP355, 12/2019. *EDIS*, 2020(1).
- Jian, Y., Chen, X., Ma, H., Zhang, C., Luo, Y., Jiang, J., & Yin, Y. (2023). Limonene formulation exhibited potential application in the control of mycelial growth and deoxynivalenol production in *Fusarium graminearum*. *Frontiers in Microbiology*, 14, 1161244.
- Kasumin (2024): Bula de fungicida. 15 p.: https://www.adapar.pr.gov.br/sites/adapar/arquivos_restritos/files/documento/2020-10/kasumin1.pdf. Acesso em: 13 Mar. 2024.
- Köche, J. C. (2016). *Fundamentos de metodologia científica*. Vozes.
- Lan Guobing, He Zifu, Yu Lin, Tang Yafei, Li Zhenggang, Deng Mingguang e She Xiaoman (2019). Duração e testes de eficácia de controle de campo de 16 fungicidas contra podridão parda de pitaya. *Guangdong Agricultural Sciences*, 46(12) 95-101.
- Luu, T. T. H., Le, T. L., Huynh, N., & Quintela-Alonso, P. (2021). Dragon fruit: A review of health benefits and nutrients and its sustainable development under climate changes in Vietnam. *Czech Journal of Food Sciences*, 39(2), 71-94.
- Mohd, M. H., Salleh, B., & Zakaria, L. (2013). Identification and molecular characterizations of *Neoscytalidium dimidiatum* causing stem canker of red-fleshed dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*) in Malaysia. *Journal of Phytopathology*, 161(11-12), 841-849.
- Morillo Coronado, A. C., Manjarres Hernández, E. H., Pedreros Benavides, M. C., Sanabria Higuera, D. I., Lizarazo Forero, L. M., Morales Castaño, I. T., ... & Velásquez Arias, J. O. (2022). Plan de manejo tecnológico del cultivo de la pitahaya.
- Nguyen, T. D., Phan, Q. K., & Do, A. D. (2023). Antagonistic activities of *Trichoderma* spp. isolates against *Neoscytalidium dimidiatum* causing brown spot disease on dragon fruit *Hylocereus undatus*. *Journal of Applied Biology and Biotechnology*, 12(1), 265-272.
- Olivares, B. O., Vega, A., Calderón, M. A. R., Montenegro-Gracia, E., Araya-Almán, M., & Marys, E. (2022). Prediction of Banana Production Using Epidemiological Parameters of Black Sigatoka: An Application with Random Forest. *Sustainability*, 14 (21).
- Pereira A. S. et al. (2018). Metodologia da pesquisa científica. UFSM.
- Poni, S., Sabbatini, P., & Palliotti, A. (2022). Facing spring frost damage in grapevine: recent developments and the role of delayed winter pruning—a review. *American Journal of Enology and Viticulture*, 73(4), 211-226.
- Ratanaprom, S., Nakkanong, K., Nualsri, C., Jiwanit, P., Rongsawat, T., & Woraathakorn, N. (2021). Overcoming encouragement of dragon fruit plant (*Hylocereus undatus*) against stem brown spot disease caused by *Neoscytalidium dimidiatum* using *Bacillus subtilis* combined with sodium bicarbonate. *The plant pathology journal*, 37(3), 205.
- Sakçi, N., Şener, K. U. R. T., Uysal, A., Soyulu, E. M., Merve, K. A. R. A., & Soyulu, S. (2021). Identification and Pathogenicity of *Neoscytalidium novaehollandiae*, the Agent of Canker and Dieback in Almonds and In Vitro Activities of Some Fungicides. *Yuzuncu Yil University Journal of Agricultural Sciences*, 32(1), 132-142.
- Silva, J. V., Gasparotto, L., Blum, L. E. B., & Pinho, D. B. (2023). Primeiro relato de *Neoscytalidium dimidiatum* causando cancro em pitaya no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FITOPATOLOGIA, 53., 2023, Brasília, DF, 2023. Anais 2023. Brasília, DF: Sociedade Brasileira de Fitopatologia, 2023.
- Taguam, J. D., Evallo, E., Bengoa, J., Maghirang, R., & Balendres, M. A. (2020). Susceptibility of the three dragon fruit species to stem canker and growth inhibition of *Neoscytalidium dimidiatum* by chemicals. *Journal of Plant Pathology*, 102, 1077-1084.
- Uyen, D.T.K.; Campbell, J.; Hieu, N.T.; Van Hoa, N.; Fullerton, R. The Introduction of Gap and Quality System for Pitaya in Vietnam. Available online: <https://ap.ffc.org.tw/article/1293> (accessed on 20 March 2024).
- Yumbo Grefa, Y. (2022). Sensibilidad in vitro de *Neoscytalidium spp.* agente causal del cáncer de la pitahaya a fungicidas de diferentes modos de acción. Available online: <http://dspace.epoch.edu.ec/handle/123456789/16551> (accessed on 15 March 2024).