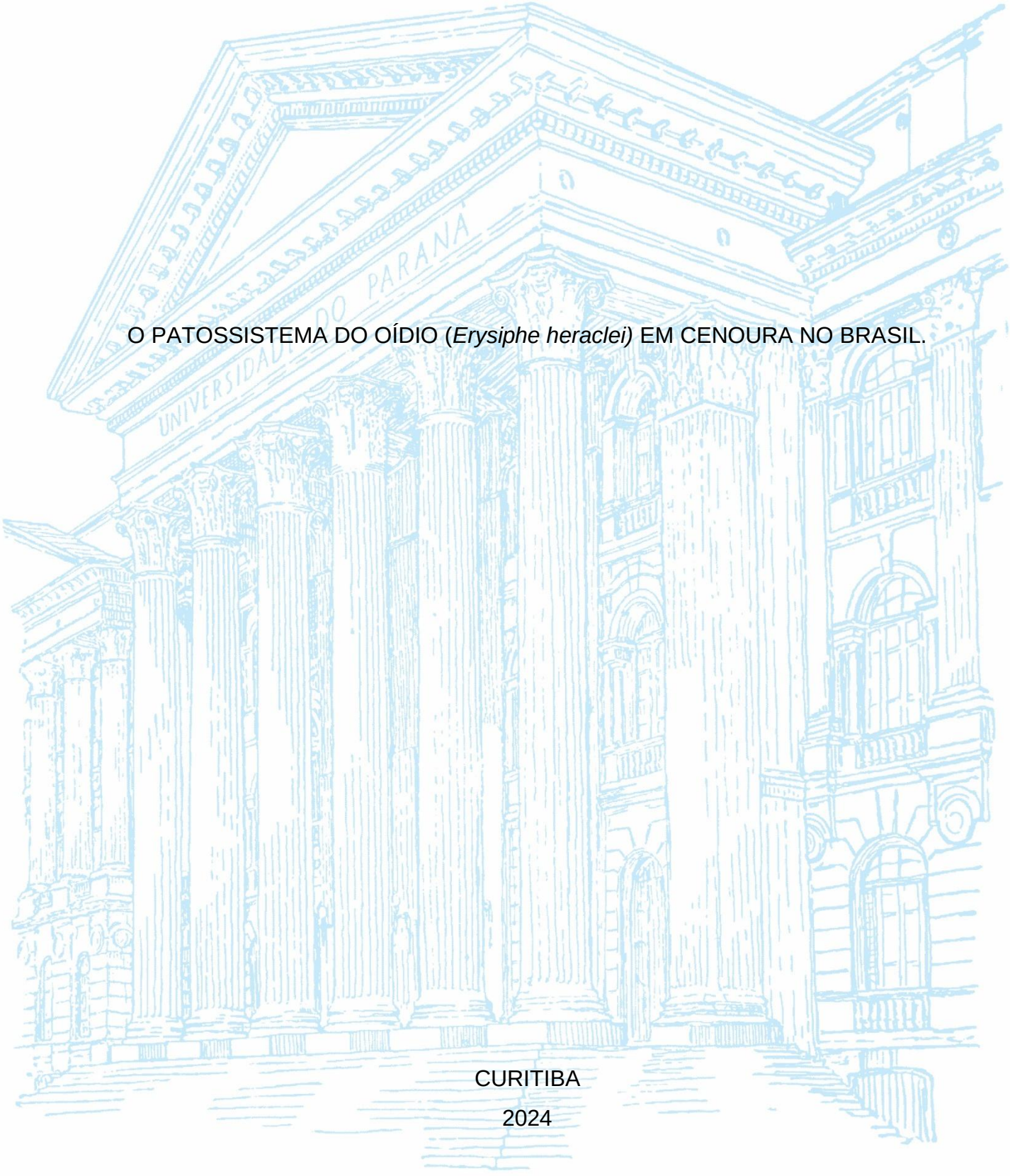
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ALBERT KENJI HIROSE



O PATOSSISTEMA DO OÍDIO (*Erysiphe heraclei)* EM CENOURA NO BRASIL.

CURITIBA

2024

ALBERT KENJI HIROSE

O PATOSSISTEMA DO OÍDIO (*Erysiphe heraclei)* EM CENOURA NO BRASIL.

Trabalho de Conclusão apresentado ao curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Fitossanidade, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Fitossanidade.

Orientadora: Profª. Dra. Renata Faier Calegario

CURITIBA

2024

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que de alguma forma me ajudaram a chegar até aqui. À minha família pelo apoio e pela educação proporcionada, que são a base para me tornar uma pessoa cada vez melhor. À Seminis/ Bayer, principalmente Flávio Leal e Jorge Hasegawa, pelos conselhos e por me proporcionarem tempo para investir no meu crescimento profissional, além de todos os colegas de equipe.

RESUMO

O cultivo de cenoura (*Daucus carota* L.) é de grande relevância para o Brasil sendo uma hortaliça amplamente consumida no país. O oídio, causado pelo fungo *Erysiphe heraclei*, é uma doença foliar preocupante, pois, interfere na fotossíntese da planta reduzindo sua produção. O patógeno é favorecido por temperaturas amenas e baixa umidade, condições comuns nas áreas de cultivo de cenouras no Brasil. A partir de 2016, a ocorrência de oídio se tornou mais frequente nos campos de produção, deixando em alerta o setor produtivo. O objetivo do trabalho foi elaborar uma revisão bibliográfica de abordagem qualitativa sobre o patossistema do oídio na cultura da cenoura no Brasil, realizada nas bases de dados SciELO, CAPES, Scopus, EBSCO e no banco de dados da EMBRAPA, entre os meses de março de 2024 à março de 2025. Buscou-se apresentar a importância da cenouricultura na economia brasileira, sua disposição geográfica, épocas de cultivo e como o oídio pode se tornar um desafio para o desenvolvimento da cultura no país. Observou-se durante a condução do trabalho, a carência de pesquisas mais aprofundadas referente ao patossistema do oídio em condições tropicais, a interação patógeno-hospedeiro e a testes de eficiência de produtos químico e biológico para o controle do patógeno.

Palavras-chave: *Oidium*; *Daucus carota*; *Controle químico; Controle genético; Controle biológico*

ABSTRACT

Carrot (*Daucus carota* L.) cultivation has a great importance to Brazil, as it is a widely consumed vegetable in the country. Powdery mildew, caused by the fungus *Erysiphe heraclei*, is a worrisome foliar disease, as it interferes with the plant's photosynthesis, reducing its production. The pathogen is favored by mild temperatures and low humidity, a common condition in carrot-growing areas in Brazil. Since 2016, the occurrence of powdery mildew has become more frequent in production fields, putting the productive sector on alert. The objective of this study was to prepare a qualitative bibliographic review on the pathosystem of powdery mildew in carrot crops in Brazil, carried out in the SciELO, CAPES, Scopus, EBSCO databases and in the EMBRAPA content bank, between March 2024 and March 2025. The aim was to present the importance of carrot farming in the Brazilian economy, its geographic distribution, cultivation seasons and how powdery mildew can become a challenge for the development of the crop in the country. During the conduct of the work, it was observed that there was a lack of more in-depth research regarding the pathosystem of powdery mildew in tropical conditions, the pathogen-host interaction and tests on the efficiency of chemical and biological products for controlling the pathogen.

Keywords: *Oidium; Daucus carota; Chemical control; Genetic control; Biological control*

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – AGROTÓXICOS TESTADOS PELOS AUTORES CITADOS NESTA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA, SEGUND O FRAC-BR (2024) 17

QUADRO 2 – PRODUTOS BIOLÓGICOS E EXTRATOS DE PLANTAS POR BAKEER (2019) E SEUS MODOS DE AÇÃO 21

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 7
1.1 METODOLOGIA 8
2 REVISÃO DE LITERATURA 8
2.1 BOTÂNICA, TAXONOMIA E IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DO CULTIVO DE CENOURA NO BRASIL 8
2.2 PRINCIPAIS DOENÇAS EM CULTIVO DE CENOURA 10
2.3 OÍDIO EM CENOURA 11
2.4 MÉTODOS DE CONTROLE DA DOENÇA 15
2.4.1 Controle químico 15
2.4.2 Controle biológico 18
2.4.3 Resistência genética 23
3 PERSPECTIVAS DE NOVOS ESTUDOS PARA MANEJO DA DOENÇA 24
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS 25
REFERÊNCIAS 28

1. INTRODUÇÃO

A cenoura é uma das principais hortaliças cultivadas no Brasil, sendo seu cultivo de alta relevância socioeconômica (Marouelli, 2007). Além disso, a raiz tem grande relevância nutricional, destacando-se como uma excelente fonte de um antioxidante chamado betacaroteno, além de ser uma excelente fonte de vitamina A, vitaminas do complexo B, vitamina C, fósforo, cálcio, potássio e sódio (Ministério da Saúde, 2022).

A cenoura é a quarta hortaliça mais consumida no Brasil, sendo a produção nacional em 2017 de 480 mil toneladas (IBGE, 2022) com uma área plantada, em 2023, de 13.430 ha (Hortifruti Brasil, 2021).

As doenças foliares são de grande importância para a cultura, pois comprometem a área fotossintética das plantas causando redução de produção. Dentre elas, o oídio, causado por *Erysiphe heraclei*, torna-se um patógeno de destaque quando ocorrem condições climáticas de baixa umidade relativa.

O primeiro relato de oídio no Brasil ocorreu em 2008 em campos de produção de sementes em Brasília (DF), se disseminando rapidamente pelo país entre 2014 e 2016 (Boiteux *et al.*, 2017). Atualmente, o patógeno encontra-se presente, dependendo de condições favoráveis, em todo o território nacional. Perdas de 20% de produtividade não são raras (Haarsma *et al*., 2017).

Oídio vem cada vez mais se tornando um dos principais problemas no cultivo de cenouras, principalmente em regiões que apresentam temperaturas amenas. No cerrado, principalmente os híbridos de inverno, tem apresentado grande incidência da doença e dificuldade no controle.

Hoje, a principal medida para o controle do *oídio* em cenoura é o controle químico, porém, existem poucos produtos registrados para a cultura. Além disso, o interesse pelo controle biológico é crescente, no entanto, não há um consenso para o manejo integrado da doença. Esta revisão bibliográfica visou ampliar o conhecimento sobre o patossistema de *Erysiphe heraclei* em cenoura no Brasil através de um levantamento bibliográfico sobre o tema, com enfoque para as principais formas de manejo da doença, incluindo controle químico, biológico e genético

1.1. METODOLOGIA

Este estudo baseia-se em uma revisão de literatura, de abordagem qualitativa, realizada nas bases de dados eletrônicos SciELO, CAPES, Scopus, EBSCO e banco de conteúdos da EMBRAPA, entre os meses de março à novembro de 2024.

Toda a busca foi realizada de forma eletrônica. Buscou-se primeiramente os trabalhos mais recentes, para que as informações apresentadas fossem as mais atualizadas possível. Devido ao restrito número de retornos, expandiu-se a pesquisa para toda a série histórica para encontrar artigos relevantes sobre o tema.

Devido à dificuldade em encontrar resultados referentes exclusivamente à interação entre o patógeno e a cultura da cenoura, as pesquisas estenderam-se também ao patógeno ocorrendo em outras culturas.

Além dos artigos eletrônicos, foram considerados materiais publicados em revistas ou publicações de fontes confiáveis como EMBRAPA e Casa do Produtor Rural da ESALQ-USP. Buscou-se também expandir os resultados relevantes de todos os países onde *Erysiphe heraclei* causa problemas em cenoura. Todos os princípios éticos foram respeitados durante a busca, assim como os direitos autorais e referências.

Dentre os termos utilizados, os que obtiveram maiores resultados foram “Erysiphe heraclei carrot”, “Powdery mildew carrot”, “fungicides powdery mildew carrot”, “biological control powdery mildew carrot”, “*Erysiphe heraclei* cenoura”, “cultivo de cenoura em ambiente tropical”, “Oídio em cenoura”, “Doenças da cenoura”

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. BOTÂNICA, TAXONOMIA E IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DO CULTIVO DE CENOURA NO BRASIL

Originalmente selvagem em muitas partes da Europa e Ásia, a cenoura (*Daucus carota* L.) foi domesticada pela primeira vez no Afeganistão, sendo este considerado o principal centro de diversidade da cultura, e de lá se espalhou pela Europa, Mediterrâneo e Ásia, sendo a Turquia reconhecida como um segundo centro

de diversidade (Stolarczyk e Janick, 2011). Há dois mil anos, as raízes das cultivares orientais eram roxas, vermelhas ou amarelas (Rodrigues, 2020). As adaptações subsequentes permitiram que a cenoura prosperasse em uma grande variedade de climas, desde as regiões temperadas até as subtropicais.

A cenoura é um vegetal de importância mundial, rica em compostos bioativos e nutricionais, sendo uma cultura com uma grande variabilidade fenotípica, incluindo cor, formato, tamanho e outras características (Sitkey *et al*., 2024). É um vegetal normalmente classificado como bienal, necessitando de vernalização para induzir o florescimento, no entanto, algumas cultivares adaptadas à climas mais quentes necessitam de menos vernalização e podem também ser classificadas como anuais. A maioria das cultivares modernas são híbridas e se baseiam na macho-esterilidade citoplasmática para a produção comercial de sementes (Alessandro *et al*, 2012). O ciclo tem início com a germinação das sementes em condições adequadas de temperatura (entre 20 e 30ºC) e umidade (Embrapa, 2004). Durante o primeiro ciclo, a planta desenvolve uma roseta de folhas, enquanto desenvolve a robusta raiz principal (a cenoura), que armazena grandes quantidades de carboidratos para a planta florescer no segundo ciclo (Stolarczyk e Janick, 2011), gerando assim as novas sementes.

No Brasil, a cenoura é uma das hortaliças mais cultivadas e consumidas, ocupando uma posição de destaque no mercado nacional. Segundo o IBGE (2022), a produção no país em 2017 foi de 480 mil toneladas. O estado com maior produção foi Minas Gerais, com 290.612 mil toneladas, seguido por Rio Grande do Sul, com 54.611 mil toneladas e Bahia, com 36.737 mil toneladas. A área plantada em 2023 foi de 13.430 ha, sendo Minas Gerais o estado com maior área, correspondendo à 55% de toda a área plantada no país, seguida por Goiás, com aproximadamente 35%, e Paraná com 11% (Hortifruti Brasil, 2023). Desta forma, o cultivo da raiz no Brasil contribui significativamente para o PIB agrícola, além de ser vital para pequenos e médios agricultores devido ao ciclo de produção relativamente curto e alta demanda no mercado interno. No âmbito socioeconômico, a cultura da cenoura gera de quatro a cinco empregos diretos por hectare e o mesmo número de indiretos, somente no setor produtivo (Vilela e Carvalho, 2022).

Atualmente, o plantio de cenouras está difundido em todas as regiões do Brasil, ocorrendo em diferentes épocas do ano, exceto na região Norte, onde a

produção ocorre no inverno, pois as altas temperaturas durante as outras estações do ano podem prejudicar o desenvolvimento da cultura (Carvalho *et al*, 2021). Cada cultivar tem características próprias quanto ao formato das raízes, resistência às doenças e, principalmente, quanto à época de plantio. Esta última característica permite que se produza cenoura durante o ano todo na mesma região, desde que se plante a cultivar apropriada às condições de clima predominantes em cada época (Carvalho *et al*, 2022).

Devido à sua grande importância econômica para o país, conhecer as doenças que afetam a cultura é fundamental para o manejo adequado dos patógenos e para a produção.

2.2 PRINCIPAIS DOENÇAS EM CULTIVO DE CENOURA

Os principais problemas fitossanitários que ocorrem em cultivos de cenoura podem ser divididos em doenças de colo e raiz, doenças de parte aérea e doenças de pós-colheita.

Entre os patógenos que afetam o colo e a raiz da cenoura encontram-se nematoides, que causam danos diretos nas raízes, inviabilizando sua comercialização. Dentre eles, destacam-se os causadores de galhas *Meloydogine incognita, Meloydogine javanica* (Melo e Eburneo, 2019) e *Meloydogine hapla* (Cunha *et al,* 2021). Além desses, estão outros patógenos importantes como o oomiceto *Pythium spp.,* causador de tombamento, bactérias causadoras de podridões moles como *Pectobacterium carotovorum*. *e Dickeya* spp. e fungos causadores de tombamento e/ou podridões como, *Rhizoctonia* spp.*, Fusarium* spp (Melo e Eburneo, 2019), *Sclerotium rolfsii, Sclerotinia sclerotiorum* (Carvalho e Carmo, 2003).

Dentre as doenças foliares destacam-se a queima das folhas causada pelos fungos *Cercospora cartae* e *Alternaria dauci* e pela bactéria *Xanthomonas hortorum* pv. *carotae,* causando crestamento, escurecimento das folhas e pecíolos e interferindo na produção de fotoassimilados (Melo e Eburneo, 2019). A ocorrência de oídio causada pelo fungo *Erysiphe heraclei* também resulta em redução da área fotossintética da planta, contribuindo para a queda de produtividade das raízes (Volesky, Murray e Nischwitz, 2021). O oídio tem ganhado importância em algumas regiões do Brasil que apresentam características de clima com temperaturas amenas

e seca (Melo e Eburneo, 2019), tornando o controle químico ou biológico as principais ferramentas para o manejo da doença.

Berkeleyomyces basicola e Geotrichum candidum são patógenos de pós-colheita e também reduzem a qualidade e produtividade das raízes, inviabilizando sua comercialização e trazendo danos econômicos diretos ao produtor (Carvalho *et al*., 2021).

2.3 OÍDIO EM CENOURA

Segundo a European and Mediterranean plant protection organization global database (2025), o fungo *Erysiphe heraclei* é um patógeno biotrófico do Filo Ascomycota, classe Leotiomycetes, Ordem Erysiphales, Família Erysiphaceae e Gênero *Erysiphe,* que causa o oídio em várias plantas, incluindo a cenoura.

Fungos da ordem Eryshiphales geralmente apresentam dois ciclos de vida principais: sexuado (teleomórfico) e assexuado (anamórfico – *Oidium* sp). Porém, dentro da mesma espécie, pode haver ausência de algum dos ciclos, sendo aparentemente influenciado por condições climáticas. Em regiões que apresentam invernos frios durante todo o ciclo, é comum a ocorrência dos dois ciclos. Já em regiões com invernos amenos os teleomorfos podem ser difíceis de encontrar, sugerindo que eles podem ocorrer com pouca frequência ou talvez tenham se perdido (Glawe, 2006).

A disponibilidade contínua de hospedeiros, como outras culturas ou plantas daninhas desempenham papel fundamental para a sobrevivência de alguns fungos do gênero, sendo sua principal forma de dispersão, o vento. Todas as espécies de oídio têm a capacidade de germinar e causar infecção sem a presença de água livre. Na verdade, a presença de água nas superfícies das plantas por longos períodos pode até resultar na morte de alguns esporos de oídio e inibir sua germinação. Temperaturas moderadas, variando entre 15°C e 27°C, e ambientes sombreados são ideais para o desenvolvimento do oídio. Além disso, os esporos e o crescimento do fungo são sensíveis a temperaturas extremas (superiores a 32°C) e à exposição direta à luz solar (Davis, Gubler e Koike, 2008).

A maioria dos fungos causadores de oídio produzem esporos, sexuais ou assexuais, dependendo da espécie e da fase do ciclo de vida. Após a germinação, os

esporos formam hifas, estruturas filamentosas que se agrupam em um micélio. O micélio se desenvolve na superfície do tecido da planta sem penetrar a epiderme. No entanto, ele produz apressórios, estruturas especializadas que se fixam ao hospedeiro. A partir do apressório, forma-se o haustório, uma ramificação da hifa que penetra nas células da planta para extrair nutrientes. O ciclo de vida do oídio envolve reprodução sexual e assexual. A fase assexuada produz conídios, que espalham a doença, enquanto a fase sexuada gera cleistotécios (ou ascarpos), que contêm ascósporos. Os cleistotécios também funcionam como estruturas de resistência, permitindo ao fungo sobreviver durante o inverno, podendo servir como fonte de inóculo primário, iniciando novas infecções quando as condições ambientais são favoráveis. (Cooper, 2002)

Os sintomas de Oídio em cenoura são observados na superfície adaxial da folha e nos pecíolos pelo surgimento de pulverulência branca (constituída por micélio e conídios do patógeno), que evolui para manchas cloróticas à necróticas devido a interferência do patógeno na área fotossintética da planta, podendo causar redução de crescimento, deficiência nutricional, queda de folhas e de produtividade (Lopes e Reis, 2016).

Nos últimos vinte anos, *Erysiphe heraclei* tem sido relatado em diferentes partes do mundo, dente eles, China, Austrália, Estados Unidos, e Brasil.

Na China central, em outubro de 2012, foi observado um surto de oídio em 16 campos de produção de cenoura investigados em Zhoukou, província de Henan, no centro da China. Colônias brancas típicas do fungo foram observadas nas folhas das plantas afetadas, sendo o primeiro relato em cenoura nesta região, identificado molecularmente e confirmado através dos Postulados de Koch (Wang *et al.*, 2014).

Segundo Cunnington *et al.* (2008), no início de março de 2007, foi detectado oídio em grandes áreas de cultivo de cenouras na região de Nova Gales do Sul, Austrália. Na fazenda em que houve o surto original, todos os blocos de plantio estavam infectados e a severidade dentro dos blocos era elevada. A infecção das plantas nos blocos variou em estágio fenológico, desde seis semanas após a semeadura até plantas que estavam em ponto de colheita. Plantas mais próximas da maturidade com as folhas mais pesadas foram mais gravemente infectadas. Posteriormente, baseados em dados morfológicos e em sequenciamento da região ITS (*Internal Transcribed Space*) do rDNA do fungo o mesmo foi identificado como

Erysiphe heraclei. Segundo o autor, é possível que a introdução do patógeno tenha ocorrido via sementes contaminadas, porém, não foi possível identificar uma variedade em particular como a fonte de inóculo.

Estudos realizados em estufas na Austrália, simulando três situações ambientais distintas, condições típicas da primavera (17 ºC a noite e 28 ºC durante o dia), condições mais quentes simulando o verão (15 ºC a noite e 35 ºC diurno) e uma condição mais fria (15 ºC noturnos e 22 ºC diurnos), as três situações apresentaram desenvolvimento da doença na cenoura, porém, observou-se que nas temperaturas simulando a primavera houve disseminação mais acelerada da doença e mais devagar nas temperaturas mais quentes, que simulavam o verão (Watson, 2016). O autor sugere também que as umidades medidas durante a condução do experimento, que foram de 60 a 85%, não afetaram a infecção ou o desenvolvimento do fungo.

Glawe, Pelter e Du Toit (2005), relata em comunicação pessoal com G. Q. Pelter que, desde 1982, há a presença de oídio em cenouras de processamento e em produções de sementes de cenoura e salsa (*Petroselinum crispum*) em Washington (EUA), porém, sem relato publicado desta doença. De 2002 a 2004, o anamorfo de *Erysiphe heraclei* foi observado em plantas provenientes de campos de processamento de cenoura em Washington Central (Glawe, Pelter e Du Toit, 2005). O teleomorfo de *E. heraclei*, não relatado anteriormente em Washington, foi descoberto em um campo de processamento de cenoura no Condado de Grant (EUA), em setembro de 2004. Um fungo que corresponde à descrição do anamorfo de *E. heraclei* também foi encontrado infectando salsa em uma horta no condado de Grant. Este relatório documenta a ocorrência do fungo e seu teleomorfo na cenoura em Washington e a ocorrência do patógeno em salsa, em Washington. Sementes contaminadas foram sugeridas como o possível meio de disseminação do patógeno, apesar de a transmissão por sementes não ter sido demonstrada, e o autor ainda sugere que novas pesquisas são necessárias para entender o risco da contaminação via sementes (Glawe, Pelter e Du Toit, 2005). Segundo a Pest Advisories (2019), *Erysiphe heraclei* é um patógeno novo que está sendo reportado nas regiões norte e sul do estado de Utah, nos Estados Unidos.

No Brasil, o primeiro relato da doença ocorreu em 2008, em campos de produção de sementes de cenoura da cultivar Brasília, em Brasília (DF). Entre 2014 e 2016 um surto de Oídio foi observado em 100% dos campos de produção de cenoura

em Brasília (DF), São Gotardo (MG), São Miguel Arcanjo (SP) e Cristalina (GO), afetando todos os híbridos presentes (Boiteux *et al.,* 2017). O patógeno já foi relatado também em salsa *(Petroselinum crispum)* e erva-doce (*Foeniculum vulgare*) na Região Sudeste do país. Amostras de plantas de cenoura e salsa, apresentando oídio sobre as folhas e inflorescências foram sequenciadas e apresentaram identidade com isolados de *E. heraclei*. Todos eles foram patogênicos com sua hospedeira de origem, mas não apresentaram patogenicidade cruzada entre cenoura e salsa. Os isolados também não foram patogênicos para coentro (*Coriandrum sativum)*, erva doce (*Pimpinella anisum)*, mandioquinha salsa (*Arracacia xanthorrhiza)* e chicória do Amazonas (*Eryngium foetidum)* (Reis, Bouteux e Fonseca, 2009).

A doença praticamente só ocorre em épocas de baixa umidade do ar. Lavouras conduzidas em períodos de chuvas frequentes ou sob manejo de irrigação por aspersão, raramente são severamente afetadas pela doença, uma vez que as gotas de água removem as estruturas do fungo, tendo bom efeito no controle. Já campos de produção de sementes são infectados com mais frequência pelo patógeno, ou por serem geralmente conduzidos sob regime de irrigação por gotejamento ou por serem cultivados em épocas mais secas do ano (Lopes e Reis, 2016).

Diferentemente dos trabalhos publicados na Austrália, hoje, no Brasil, informações mais precisas quanto aos limiares de temperaturas ideais e de umidade para o desenvolvimento do patógeno são limitadas, evidenciando a necessidade de experimentos que busquem elucidar este tema para que haja um maior entendimento do comportamento da doença.

A identificação do oídio no país, evidenciou um problema que vem ganhando importância em todas as regiões produtoras. Observa-se em campo, nas principais regiões produtoras de cenoura, uma maior incidência da doença na janela de inverno, devido às condições climáticas favoráveis ao patógeno, principalmente em Minas Gerais, Distrito Federal, São Paulo e Goiás (Pereira e Pereira, 2018).

Para o manejo eficaz de uma doença é necessário conhecer as ferramentas disponíveis de controle.

Atualmente, no Brasil, não é possível encontrar muitos trabalhos relacionados ao manejo do oídio em cenoura, talvez pelo recente relato, que ocorreu em 2008 e com as primeiras observações em campos comerciais apenas em 2016 (Boiteux, 2017). É evidente a falta de informações quanto ao patógeno nas condições

brasileiras, como condições ideais de desenvolvimento ou efetividade de controle com agentes biológicos ou de agrotóxicos contra a doença. De forma geral, não observamos também muitas iniciativas, quanto ao desenvolvimento de novas tecnologias para auxiliar os produtores no controle de oídio, que pode ser evidenciado pela falta de híbridos com alta resistência que sejam competitivos com os materiais mais plantados. Além disso, existe também uma deficiência quanto ao número de agrotóxicos registrados para o controle do patógeno na cultura da cenoura, limitando as ferramentas disponíveis aos produtores. Todos esses fatores, somados à ideia de que o oídio não causa grandes perdas de produção na cultura, diminuem o apelo de novos estudos sobre o patógeno e sua interação com cenoura em nosso país.

A colheita mecanizada utilizada nos países mais desenvolvidos surgiu para suprir a falta de mão de obra e no Brasil vem se estabelecendo pelo mesmo motivo, além das dificuldades dos produtores em atenderem às leis trabalhistas vigentes em nosso país. Na Europa e EUA, a colheita mecanizada de cenoura já é uma realidade e está bem difundida, porém, no Brasil a adaptação à colheita mecânica foi demorada porque nossos solos não permitiam a mecanização em condições de excesso de chuva ou encharcamento. Além disso, fatores como custo de aquisição, cultivares adaptadas e sistema de plantio adequados dificultaram ainda mais a adesão a este tipo de tecnologia em nosso país (Carvalho, 2017). Ainda, segundo Carvalho (2017), a parte aérea da planta de cenoura para a colheita mecanizada é de fundamental importância, pois a colhedora recolhe a raiz puxando-a pelas ramas, por isso a qualidade e sanidade da parte aérea são fundamentais, pois caso haja o rompimento das folhas, perde-se as raízes no campo.

Por isso, para que esta tecnologia consiga se estabelecer aqui, é preciso dar maior atenção às doenças de parte aérea da cultura, principalmente o oídio, uma vez que a doença limita e enfraquece o desenvolvimento da parte aérea, dificultando ou inviabilizando uma colheita mecânica eficiente.

2.4 MÉTODOS DE CONTROLE DA DOENÇA

2.4.1 CONTROLE QUÍMICO

O uso de fungicidas é um dos principais métodos de controle de doenças de plantas. Devido à sua facilidade de aplicação e a ação imediata, este método difundiu-se muito nas mais diversas culturas. Porém, o uso contínuo dessas moléculas pode selecionar fungos resistentes a moléculas que antes eram eficazes, sendo um dos principais gargalos do controle químico de doenças de plantas (Ghini e Kimati, 2002). Em pesquisa na ferramenta Agrofit do MAPA, foram obtidos somente dois princípios ativos registrados para o controle de *Erysiphe heraclei* em cenoura no Brasil, sendo eles o difenoconazol (triazol) e pidiflumetofen (carboxamida), que são comercializados formulados em um produto. O número limitado de produtos registrados para o controle da doença na cultura gera grande insegurança quanto ao manejo de uma possível resistência do patógeno a estes princípios ativos, uma vez que não é possível fazer um manejo adequado de rotação dos modos de ação.

Buscando trabalhos referentes ao controle de *Erysiphe heraclei* em cenoura, observa-se que outras moléculas foram testadas para o controle do patógeno, o que pode ser uma alternativa para novos registros no Brasil, pois aumentaria as ferramentas para a manutenção da eficiência das moléculas frente ao patógeno.

Watson, Pung e Hall. (2017), testaram azoxistrobina, piraclostrobina e tebuconazole em campos comerciais de cenoura na Austrália e os três fungicidas apresentaram controle efetivo sobre *Erysiphe heraclei*, não apresentando diferença estatística entre eles. As eficiências de controle do patógeno aos 222 dias após semeadura (DAS) foram: 72% para a dose de 0,3 L/ha de azoxistrobina e 76% para a dose de 1,0 L/ha de azoxistrobina; 74% para piraclostrobina na dose de 0,3 L/ha e 68% para tebuconazole na dose de 0,58 L/ha ao passo que na parcela sem tratamento, não houve controle do patógeno. Esses fungicidas foram mais eficazes que o bupirimato a 0,18 L/ha e o triadimenol a 0,12 L/ha. As diferentes doses de azoxistrobina, 0,3 e 1 L/ha tiveram o mesmo controle sobre a doença, mostrando que nem sempre o aumento da dose resulta no aumento de controle do patógeno. Neste trabalho, o princípio ativo azoxistrobina foi utilizado também adicionando um adjuvante, porém, não houve diferença no controle da doença em relação ao produto utilizado sozinho. Além disso, não houve diferença significativa em produtividade entre os diferentes fungicidas, porém, todos tenderam à maior produtividade quando comparado com o controle. Testou-se também fungicidas alternativos, dentre eles parafina, óleo botânico (Eco-oil®), *Bacillus lydicus*, cloreto de amônio quaternário,

dióxido de enxofre + ácido benzoico, enxofre e óleo botânico + enxofre. Dentre eles, o mais efetivo foi o enxofre na dose de 0,61 L/ha, onde houve apenas 12% de cobertura da doença nas folhas após a aplicação aos 222 DAS. Porém, em nenhum tratamento houve diferença significativa na produtividade de cenouras comerciais.

O trabalho apresentado demonstra que, além de nenhum produto erradicar a doença do campo, a produtividade das plantas não foi afetada pela presença da doença. Com isso, podemos inferir que o oídio da cenoura, não apresenta potencial de influenciar diretamente a rentabilidade de um campo de cenoura, porém, tem o potencial de atrapalhar o operacional, principalmente quando pensamos em colheita, onde as plantas são arrancadas do solo através de suas folhas.

Tülek e Canpolat (2016), testaram em 2012 e 2013 em campos de produção de cenoura na província de Ancara, na Turquia, seis diferentes produtos sendo enxofre, penconazol, azoxistrobina, trifloxistrobina, carbendazim e em 2013 foi adicionado os princípios ativos boscalida + piraclostrobina formulados em um produto. Em 2012, os resultados mostraram que o maior efeito no controle da doença foi obtido com enxofre (88,53%) e azoxistrobina (83,72%). Em 2013, experimentos adicionais foram realizados com o princípio ativo boscalida + piraclostrobina, que mostrou eficácia de 59,41%.

A seguir, no quadro 1, um levantamento dos grupos químicos e sítios alvo dos agrotóxicos presentes nos trabalhos citados nesta revisão bibliográfica.

Quadro 1. Agrotóxicos testados pelos autores citados nesta revisão bibliográfica, segundo o Frac-Br (2024)

Nome comum	**Grupo Químico**	**Código e Sítio Alvo**	**Referência**
Azoxystrobina	Estrobilurinas	C3: complexo III citocromo bc1 (ubiquinol oxidase) no sítio Qo (gene cyt b)	Watson, Pung e Hall. (2017), Tülek e Canpolat (2016),
Boscalida	Carboxamida	C2: complexo II: succinato-desidrogenase	Tülek e Canpolat (2016),
Bupirimato	Pirimidinas	A2: Adenosina desaminase	Watson *et al.* (2017),
Carbendazin	Benzimidazol	B1. Polimerização da tubulina	Tülek e Canpolat (2016),

Cloreto de Amônio Quaternário	Sanitizante/Desinfetante	Desnaturação de proteínas e rompimento de membranas celulares	Watson *et al.* (2017),
Difenoconazol	Triazol	G1: C14-desmetilase na biossíntese de esterol	Ahmed *et al.* (2021)
Dióxido de Enxofre + Ácido Benzoico	Conservante/Antimicrobiano	Inibição do crescimento microbiano por acidificação do meio e interrupção das funções enzimáticas	Watson, Pung e Hall. (2017)
Enxofre	Fungicida Inorgânico	Interferência na respiração celular e na síntese de ATP	Watson *et al.* (2017), Tülek e Canpolat (2016),
Óleo Botânico	Fungicida Natural/Botânico	Varia dependendo do tipo de óleo, mas geralmente envolve a desestabilização das membranas celulares e inibição da respiração	Watson *et al.* (2017),
Parafina (Óleo Mineral)	Fungicida Inorgânico/Óleos Minerais	Criação de uma barreira física, bloqueando a respiração e impedindo o crescimento fúngico	Watson *et al.* (2017),
Penconazol	Triazol	G1: C14-desmetilase na biossíntese de esterol	Tülek e Canpolat (2016),
Pidiflumetofen	carboxamida	C2: complexo II: succinato-desidrogenase	
Piraclostrobina	Estrobilurinas	C3. Inibidor da respiração mitocondrial (inibidor do complexo III)	Watson *et al.* (2017), Tülek e Canpolat (2016),
Tebuconazole	Triazol	G1: C14-desmetilase na biossíntese de esterol	Watson *et al.* (2017),
Triadimenol	Triazóis	G1: C14-desmetilase na biossíntese de esterol	Watson *et al.* (2017),

Fonte: Modificado de Frac-Br (2024); Souza *et al* (2021) e Soares M. C. E. (2023)

Ainda que existam apenas duas moléculas registradas no Brasil, podemos observar que trabalhos realizados em outros países vêm buscando demonstrar a eficiência de outras moléculas no controle de *Erysiphe heraclei*. Estas moléculas já são utilizadas no Brasil para o controle de outras doenças, por isso, para o avanço dos trabalhos e registros, a normatização das Culturas de Suporte Fitossanitário Insuficiente (CSFI) de 2014 aparece como uma boa alternativa para aumentar as ferramentas para o controle do oídio na cenoura.

2.4.2 CONTROLE BIOLÓGICO

Em um contexto geral, controle biológico de doenças de plantas consiste na redução, através de um ou mais organismos, de inóculos ou das atividades determinantes de um patógeno, sendo estas, crescimento, infectividade, agressividade, virulência, desenvolvimento da doença e reprodução. Pode-se definir estes organismos como indivíduos ou populações avirulentas ou hipovirulentas, que podem interferir nestas características para as linhagens patogênicas. E organismos antagonistas aos patógenos, que são aqueles com potencial para interferir nos processos vitais dos fitopatógenos, sendo não patogênicos aos tecidos das plantas (Michereff e Mariano, 1993)

Dentre os mecanismos de controle dos organismos antagonistas, pode-se destacar a antibiose, que ocorre através da produção de um ou mais compostos antimicrobianos; competição por espaço e nutrientes; parasitismo, em que o antagonista se beneficia do fitopatógeno; predação, onde o antagonista se alimenta do fitopatógeno retirando nutrientes para seu desenvolvimento. Além disso, os agentes biológicos podem auxiliar na promoção de desenvolvimento das plantas, seja pela interação por disponibilidade de água, nutrientes, produção de enzimas ou fitohormônios. E também, a indução de resistência na qual o agente biológico atua como indutor, ativando mecanismos de defesa latentes das plantas (Carvalho *et al.*, 2021)

Em pesquisa no aplicativo da Embrapa, Bioinsumos, não foi possível encontrar nenhum produto biológico registrado para controle de *Erysiphe heraclei*, (consulta em 30 de Dezembro de 2024). Pesquisando pelo gênero *Erysiphe* como alvo biológico no aplicativo, o mesmo retorna somente um produto registrado para *Erysiphe polygoni* a base de *Bacillus amyloliquefaciens.*

Segundo Ahmed *et al.* (2021) todos os agentes biológicos testados em seu trabalho, em campo de produção de salsa na safra 2018/2019, localizado em Faium, Egito, apresentaram alta eficiência em suprimir a severidade de *Erysiphe heraclei*, sendo em ordem de eficiência de controle, *Bacillus subtilis* (80,13%), *Bacillus pumilus* (74,36%), seguido por *Serratia marcescens* (73,21%) e *Bacillus megaterium* (70,49%), com diferença estatística em relação ao controle sem tratamento. Seguidos pelos agentes biológicos *Trichoderma viride* (65,11%), *Pseudomonas fluorescens* (63,85%), *Trichoderma harzianum* (58,1%) e *Trichoderma*

album (55,47%). O fungicida sistêmico difeconazole (triazol) teve a maior eficiência no ensaio, reduzindo a severidade da doença em 81,3%.

Já nos testes *in vitro*, Ahmed *et al.* (2021), ao testar a atividade antifúngica dos agentes de biocontrole contra o patógeno, encontrou reduções significativas da germinação de conídios e crescimento do tubo germinativo do fungo. Para a germinação de conídios, o fungicida difeconazol e *Bacillus subtilis* apresentaram a maior eficiência, com redução de 97,1% e 88,2%, respectivamente, com diferença significativa entre eles. Seguidos por *Bacillus pumilus* (84,1%), *Serratia marcescens* (81,1%), *Bacillus megaterium* (79,9%), *Trichoderma viride* (79,17%) e *Trichoderma álbum* (59,57%), todos com diferença significativa em relação à testemunha. Quanto a redução do tubo germinativo do fungo, difeconazol apresentou também a maior redução com 92,5% de redução, com diferença significativa em relação a todos os outros tratamentos, seguido por *Bacillus megaterium* (82.02%), *Trichoderma viride* (81.6%), *Bacillus subtilis* (79.3%), *Serratia marcescens* (78.2%), *Bacillus pumilus* (77.8%), *Trichoderma harzianum* (77.3%) e *Pseudomonas fluorescens* (74.7%), sem diferença significativas entre eles, e *Trichoderma album* obteve menor eficiência com 62.8% na redução do turbo germinativo, com diferença significativa em relação a todos os outros biológicos e também em relação à testemunha.

Agentes de controle biológico foram testados *in vitro* para controle de *Erysiphe heraclei* que afetam coentro e funcho, em Faium, Egito e, *Bacillus subtilis* apresentou a maior eficiência, com redução de 61,95% de germinação dos esporos do patógeno, seguido por *Bacillus megaterium* com 49,16%, e por *Trichoderma harzianum* que apresentou 32,88% de redução de germinação (Bakeer *et al.* 2019). Os autores testaram também alguns extratos de plantas, nos quais o extrato de dentes de alho (*Allium sativum*) obteve a maior atividade antifúngica contra a germinação dos esporos de *Erysiphe heraclei,* com 47,98% de redução da germinação, seguido pelo extrato de folhas de moringa (*Moringa oleifera*) com 36,85%, e o extrato de folhas de eucalipto (*Eucalyptus globulus*) com apenas 8,28% de redução na germinação do fungo. Óleos essenciais também foram testados no experimento e apresentaram potencial de controle quanto à germinação do patógeno, óleo de tomilho (*Thymus vulgaris*) reduziu em 66,06% da germinação dos esporos, seguidos pelo óleo de anis (*Pimpinella anisum*) com 59,88% e óleo de citronela com 46,64% de controle.

No quadro 2, encontram-se os agentes biológicos e produtos alternativos citados nos trabalhos presentes nesta revisão bibliográfica com seus respectivos modos de ação.

Quadro 2. Produtos biológicos e extratos de plantas testados pelos autores citados nesta revisão bibliográfica.

Nome comum	**Grupo Químico**	**Modo de Ação**	**Referência bibliográfica**
Bacillus subtilis	Biológico	Melhoria da disponibilidade de nutrientes e alteração da homeostase dos fitohormônios, bem como da produção de antimicrobianos e desencadeamento de resistência sistêmica induzida (Blake; Christensen; Kovács, 2021).	Ahmed *et al.* (2021) e Bakeer *et al.* (2019).
Bacillus pumilus	Biológico	Produção de Enzimas Hidrolíticas, Compostos Antifúngicos, Indução de Resistência Sistêmica (Jakub Dobrynski *et al*., 2023. Bottone e Peluso, 2003).	Ahmed *et al.* (2021)
Bacillus megaterium	Biológico	Produção de Lipopeptídeos, reduzindo significativamente o crescimento micelial, a esporulação e a germinação de esporos de fungos produtores de micotoxinas (Veras *et al*., 2016).	Ahmed *et al.* (2021) e Bakeer *et al.* (2019).
Extrato de dentes de alho	Fungicida Natural/ Botânico	Inibição da síntese de lipídios, proteínas e ácidos nucleicos (Adetumbi, Javor e Lau, 1986)	Bakeer *et al* (2019)
Extrato de folhas de moringa (Moringa oleifera)	Fungicida Natural/ Botânico	Ação antifúngica pela presença de compostos fenólicos, alcalóides e saponinas (Ahmadu *et al*., 2021).	Bakeer *et al* (2019)
Extrato de folhas de eucalipto (Eucalyptus globulus)	Fungicida Natural/ Botânico	Penetração nas paredes celulares dos fungos, danificando as hifas e comprometendo a integridade estrutural e lipoproteínas da membrana plasmática (Silva *et al*., 2024).	Bakeer *et al* (2019)
Óleo de tomilho (*Thymus vulgaris*)	Fungicida Natural/ Botânico	Atua por meio da ruptura da parede celular e da membrana plasmática com subsequente distúrbio do citoplasma (Perina, *et al.,* 2015).	Bakeer *et al* (2019)
Óleo de anis (*Pimpinella anisum*)	Fungicida Natural/ Botânico	Pode reduzir o conteúdo de ATP e a viabilidade celular de fungos, bloqueando a via sintética de NAD (Zhao *et al.,* 2022).	Bakeer *et al* (2019)
Serratia marcescens	Biológico	Invasão e Colonização de hifas, produção de enzimas Quitinolíticas e Prodigiosina (Hover et al., 2016) e (Someya et al., 2001).	Ahmed *et al.* (2021)

Pseudomonas fluorescens	Biológico	Produção de Metabólitos Secundários, Formação de Biofilmes e Competição por Nutrientes e Espaço (Wallace; Hirkala e Nelson, 2017) e (Cho *et al*., 2015)	Ahmed *et al.* (2021)
Trichoderma viride	Biológico	Produção de Compostos Antifúngicos, Antibiose e Parasitismo, Competição por Recursos (Muhibuddin; Setiyowasti e Sekitiono, 2022).	Ahmed *et al.* (2021)
Trichoderma album	Biológico	Indução de Resistência Sistêmica, Competição e Antagonismo (Tyskiewicz et al., 2022). (Bonilha, 2024).	Ahmed *et al.* (2021)
Trichoderma harzianum	Biológico	Ação microparasita, antibiose, competição e resistência sistêmica induzida Bonilha, (2024). Guo et al., (2019).	Ahmed *et al.* (2021) e Bakeer *et al.* (2019*).*

Fonte: o autor.

Segundo Bardin *et al.* (2015), ainda não há estudos suficientes a respeito da longevidade de agentes biológicos na agricultura, mas destaca que existem patógenos com diferentes níveis de sensibilidade a agentes de biocontrole, apesar da complexidade de seus modos de ação. Além disso, o autor destaca também que, alguns patógenos tem o potencial de adaptar-se em apenas algumas gerações à pressão de seleção imposta pelos biológicos, como apresentado por Li e Leifert (1994 citado por Bardin *et al. 2015)*, onde *Botrytis cinerea* desenvolveu resistência à *Bacillus subtilis* CL27 e seus compostos após 8 aplicações sucessivas em plantas de *Astilbe* hybrida, tendo sua eficiência diminuída fortemente, e sendo totalmente ineficaz após ao décimo tratamento. Os autores concluem que, apesar de agentes biológicos com mecanismos de ação mais complexos possam ter um risco reduzido, o manejo integrado de doenças é de suma importância para a longevidade da eficiência dos biológicos na agricultura.

Podemos observar nos trabalhos apresentados nesta revisão, que, há vários potenciais agente biológicos para controle de *Erysiphe heraclei* em cenoura, que já são comercializados para o controle de outras doenças no Brasil. Podemos destacar *Bacillus subtilis,* presente nos trabalhos citados e com bom desempenho dentre os agentes biológicos testados. Segundo a ferramenta AGROFIT do MAPA, *Bacillus subtilis*, produto comercial Serenade da Bayer, controla, na cenoura, mofo branco (*Sclerotinia sclerotiorum)*, Rizoctoniose (*Rhizoctonia solani)* e *Alternaria dauci*, um dos causadores do complexo de queima das folhas da cenoura.

É evidente que, apesar dos estudos insuficientes quanto ao aparecimento de resistência de patógenos aos agentes biológicos, estes produtos vieram como novas ferramentas para auxiliar o manejo integrado de pragas, sendo, pelo menos, novos produtos que podem entrar na rotação de mecanismos de ação, reduzindo a pressão de seleção sobre os patógenos.

2.4.3 RESISTÊNCIA GENÉTICA

Segundo Valois (2001), o melhoramento genético, já vinha se constituindo como a solução mais rápida, econômica e duradoura para o encontro da sustentabilidade na agricultura. O trabalho de melhoramento genético, seguindo esquemas clássicos de cruzamento e seleção de genótipos precisa ser aprimorado constantemente para que ocorra de forma mais direta e diminua a aleatoriedade na seleção de características desejadas. O advento da engenharia genética ou da tecnologia do DNA recombinante baseou-se na descoberta da Lei da hereditariedade, da natureza química do material genético, e da decodificação do código genético, sendo essas as condições primordiais para a possibilidade da manipulação genética, através do desenvolvimento das técnicas de biologia molecular.

No Brasil, segundo Melo e Eburneo (2019) não há variedades resistentes de cenoura ao oídio, sendo os métodos culturais os mais eficientes para o controle da doença. A melhor maneira para controlar oídio e queima das folhas por alternaria é a seleção cultivares com resistência por se tratar de uma tecnologia limpa e eficaz. Gowda, Pathak e Ganeshan (2000), buscaram identificar fontes de resistência à *Erysiphe* heraclei em 75 germoplasmas de cenoura testadas por três anos, na Índia. Das 75 linhagens testadas, 75,83% das linhagens se mostraram suscetíveis ou altamente suscetíveis ao patógeno e 18,62% apresentaram suscetibilidade intermediária. Quanto à resistência, 29,26% apresentaram resistência intermediária e, somente 18,62% foram resistentes ao patógeno.

As cepas de *Agrobacterium tumefaciens* LBA4404 e C58C1 contendo o plasmídeo binário pNGL2 foram utilizadas por Takiachi e Oeda (1999) para transformar cenouras através de transgenia, adicionando lisozima humana. Neste trabalho foram adicionados a lisozima humana em duas cultivares diferentes de cenoura Kurodagosun e Nantes Scarlet. Os sintomas nas plantas transgênicas, após

uma semana de inoculação com *Erysiphe* heraclei foram moderados, sendo o índice da doença menores que 20%, comparados com 50% das plantas não-transgênicas. Apesar da adição das lisozimas humanas atrasarem o desenvolvimento da doença, a transgenia não foi eficaz em eliminar o desenvolvimento de *Erysiphe heraclei* das cultivares. O trabalho mostra também que o fator genético de cada cultivar pode impactar também no desenvolvimento da doença.

Segundo o pedido de patente da empresa Bejo Zaden (2017), a resistência de cenoura (*Daucus carota)* ao oídio, causado por *Erysiphe heraclei*, é garantida pelo primeiro gene de resistência Eh1 localizado no cromossomo 3 ou por um segundo gene Eh2 também presente no mesmo cromossomo.

Apesar da ausência de variedades resistentes de cenoura à *Erysiphe heraclei* no Brasil, a busca por indivíduos resistentes pode ser um excelente método para auxiliar no controle da doença. Assim como Gowda, Pathak e Ganeshan (2000) fizeram na Índia, a busca por linhagens resistentes ao patógeno, podem auxiliar os programas de melhoramento genético para cenoura em nosso país a incorporarem esta característica em novas variedades.

Além deste método, a engenharia genética pode acelerar este processo, iniciativa que, aparentemente, a empresa de sementes Bejo Zaden, já vem realizando. Um dos primeiros passos, sendo a localização do gene de resistência ao oídio em cenoura, já foi dado, uma vez que o pedido de patente já foi protocolado em 2017. O trabalho é longo, porém, abre novos horizontes para a inserção desta característica em novos materiais.

Outra iniciativa importante pode ser a inclusão da resistência via transgenia, como evidenciado pelo trabalho realizado por Takaichi e Oeda (1999). Apesar da inclusão da lisozima humana não gerar total resistência à *Erysiphe heraclei*, o trabalho mostrou um aumento na resistência das variedades testadas (Kurodagosun e Nantes Scarlet) ao patógeno.

De modo geral, nenhum dos trabalhos obtiveram a completa resistência das variedades ao oídio, porém, são iniciativas importantes para o avanço resistência genética ao patógeno, que podem gerar maior segurança alimentar e melhor uso de recursos na cenouricultura nacional.

3. PERSPECTIVAS DE NOVOS ESTUDOS PARA MANEJO DA DOENÇA

Devido ao relato recente da doença em campos comerciais, que ocorreu apenas em 2016, no Brasil, ainda precisamos avançar muito em bases teóricas sobre a doença e sua interação com a cultura da cenoura em condições tropicais. Encontra-se poucas informações tanto das condições ideais de crescimento do patógeno, assim como estudos de eficiência de métodos de controles. No quesito método químico, no Brasil, não temos nem registros de produtos comerciais suficientes para conseguirmos fazer um manejo adequado, por isso, é essencial realizarmos mais estudos para identificarmos princípios ativos capazes de controlar de forma eficaz o oídio. Quanto ao método de controle biológico, apesar de não haver ainda nenhum produto registrado para oídio da cenoura, com certeza será um método que auxiliará no manejo de *Erysiphe heraclei*, porém, é necessário identificar quais são os melhores organismos e a melhor época de aplicação para que haja a maior inibição do desenvolvimento do patógeno. Para o método de resistência genética, primeiro é necessário identificarmos na genética adaptada e disponível para o mercado nacional, quais os híbridos possuem maior resistência, e com os avanços na engenharia genética, é possível sermos mais assertivos no desenvolvimento de novos materiais resistentes ao oídio.

4. **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Este trabalho pretendeu entender o patossistema de cenoura no Brasil, uma vez que é uma doença que foi relatada há pouco tempo, e para trazer os principais métodos de controle da doença através de uma revisão bibliográfica, sempre buscando os dados mais recentes disponíveis. Buscou-se apresentar a doença e sua interação com a cultura da cenoura, seus principais sintomas, sua importância no cultivo da cultura e as condições ideais para o desenvolvimento da doença. Quanto a este último tema, o trabalho de Watson (2016), realizado na Austrália, sugere que não há influência direta da umidade relativa do ar, que ficou entre 60 e 85% em seu trabalho, tanto na infecção como no desenvolvimento do fungo. Na literatura brasileira, as temperaturas amenas e épocas de umidade relativa do ar baixas são as melhores para o desenvolvimento do patógeno, porém, não foi possível localizar nenhum

trabalho que defina as temperaturas ideais, assim como fez Watson (2016), no mesmo trabalho onde o autor discorre sobre a umidade relativa do ar. O experimento sugere que as condições favoráveis para o desenvolvimento mais acelerado da doença ocorreram entre 17 ºC e 28 ºC, ainda que, houve a presença da doença em todos os tratamentos testados.

Nos trabalhos consultados que foram realizados em campo de cenouras, não houve nenhum princípio ativo capaz de erradicar a doença. Para Watson (2017), azoxistrobina, piraclostrobina e tebuconazole foram os princípios ativos que apresentaram melhor controle sobre a doença, não havendo diferença estatística entre eles, porém nenhum deles eliminou a doença dos campos. Para Tülek e Canpolat (2016), também em trabalhos em campos, enxofre e azoxistrobina apresentaram os melhores controles sobre *Erysiphe heraclei*.

Quanto ao controle biológico, Ahmed *et al.* (2021) apresentou em seu trabalho alguns agentes biológicos que obtiveram bons resultados, acima de 70% de controle, porém, assim como os agrotóxicos, nenhum deles conseguiu erradicar a doença nas parcelas de salsa do experimento. Os melhores biológicos, foram *Bacillus subtilis* (77.9%), *Bacillus pumilus* (73.2%), seguido por *Serratia marcescens* (71.4%).

Quanto à Resistência genética, baseados nos trabalhos de Gowda, Pathak e Ganeshan (2000), podemos inferir que temos muitas oportunidades em encontrar híbridos resistentes através de germoplasmas com esta característica, porém, é um trabalho que leva tempo e é preciso foco das empresas de sementes, pois além desta resistência, a performance dos materiais necessita se adequar às necessidades do mercado nacional. Paralelamente ao melhoramento genético tradicional, é possível que a engenharia genética possa auxiliar em diminuir este tempo que normalmente é necessário no processo convencional. Quanto a isto, já temos ao menos uma empresa trabalhando neste desenvolvimento.

Como pudemos observar no trabalho, apesar dos métodos de controle apresentarem certa eficiência no controle do oídio, nenhum foi suficiente para erradicar a doença. Além disso, hoje no Brasil, os produtos químicos registrados são insuficientes para a realização de um manejo de resistência adequado, evidenciando que precisamos utilizar um manejo integrado dos métodos de controle para que se possa conviver com a doença. Para isso, o controle biológico será um grande aliado dos produtores.

Baseado neste controle parcial dos métodos anteriores, os materiais com resistência genética serão os grandes protagonistas contra o desafio do controle de *Erysiphe heraclei* em cenoura. Ainda é necessário percorrer um caminho até que tenhamos estes materiais disponíveis em nosso mercado, mas com o advento desta resistência, é possível inferir que teremos uma menor pressão inicial da doença na cultura, e assim, aliado com os métodos químico e biológico, os produtores terão mais ferramentas para, ao menos, controlar a doença a níveis menores.

REFERÊNCIAS

ADETUMBI, M.; JAVOR, G. T.; LAU, B. H. S. **Allium sativum (garlic) inhibits lipid synthesis by Candida albicans.** Antimicrobial agents and chemotherapy vol. 30,3, 1986. Disponível em: https://journals.asm.org/doi/pdf/10.1128/aac.30.3.499. Acesso em: 06 mai. 2025.

AHMADU, T.; AHMAD, K.; ISMAIL, S. I.; RASHED, O.; ASIB, N.; OMAR, D. **Antifungal efficacy of Moringa oleifera leaf and seed extracts against Botrytis cinerea causing gray mold disease of tomato (Solanum lycopersicum L.).** Brazilian Journal of Biology, v. 81, n. 4, p. 1007–1022, out. 2021. Disponível em: https://www.scielo.br/j/bjb/a/PFTwWtsjhVTQs7jbdw9hxcs/. Acesso em: 06 mai. 2025.

AHMED, H.F.; SELEIMAN, M.F.; AL-SAIF, A.M.; ALSHIEKHEID, M.A.; BATTAGLIA, M.L.; TAHA, R.S. **Biological Control of Celery Powdery Mildew Disease Caused by Erysiphe heraclei DC In Vitro and In Vivo Conditions**. Plants 2021, 10, 2342. Disponível em: https://doi.org/10.3390/plants10112342. Acesso em: 27 nov. 2024.

ALESSANDRO, M. S.; GALMARINI, C.; IORIZZO, M.; SIMON, P. W. **Molecular mapping of vernalization requirement and fertility restoration genes in carrot**. Theor Appl Genet., 2013. Disponível em: https://link.springer.com/article/10.1007/s00122-012-1989-1. Acesso em: 06 mai. 2025

BAKEER, A. T.; AHMED, H. M. H.; BAIUOMY, M. A. M.; FATOH, E. F. M. **Efficacy evaluation of inhibitory activity of some biological products, essential oils, plant extracts and induced resistance agents against erysiphe heraclei dc, the pathogenic powdery mildew of parsley (petroselinum sativum l.)**. Egyptian Journal of Applied Science, 34, issue,12, 2019, 111-134. Disponível em: https://ejas.journals.ekb.eg/article_89870.html. Acesso em: 06 mai. 2025

BAKEER, A.T.; BAIUOMY, M.A.M.; AHMED, H.F.A. **Impact of spraying with some biological products and chemical resistance inducers on controlling powdery**

mildew disease, growth quality and yield components of coriander and dill. Egypt. J. Appl. Sci., 31 (2): 17-39. 2016

BARDIN, M.; AJOUZ, S.; COMBY, M.; LOPEZ-FERBER, M.; GRAILLOT, B.; SIEGWART, M.; NICOT, P. C. **Is the efficacy of biological control against plant diseases likely to be more durable than that of chemical pesticides?** Frontiers in Plant Science, v. 6, 27 jul. 2015. Disponível em: https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2015.00566/full. Acesso em: 06 mai. 2025.

BLAKE, C.; CHRISTENSEN, M. N.; KOVÁCS, Á. T**. Molecular Aspects of Plant Growth Promotion and Protection by Bacillus subtilis**. Molecular Plant-Microbe Interactions®, v. 34, n. 1, p. 15–25, jan. 2021. Disponível em: https://apsjournals.apsnet.org/doi/10.1094/MPMI-08-20-0225-CR. Acesso em 06 mai. 2025.

BOITEUX, L. S.; REIS, A.; FONSECA, M. E. N.; LOURENÇO JR, V.; COSTA, A. F.; MELO, A. G.; BORGES, R. C. F. **Powdery Mildew Caused by Erysiphe heraclei: A Novel Field Disease of Carrot (Daucus carota)**. The American Phytopathological Society (APS), St. Paul, v. 101, n. 8, jun. 2017. Disponível em: https://apsjournals.apsnet.org/doi/10.1094/PDIS-01-17-0145-PDN.

BONILHA, F. **Trichoderma: o protagonista dos bioinsumos**. AGROLINK, jun. 2024. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/biologicos/artigo/trichoderma--o-protagonista-dos-bioinsumos_492505.html. Acesso em: 27 nov. 2024.

BOTTONE, E. J.; PELUSO, R. W. **Production by Bacillus pumilus (MSH) of an antifungal compound that is active against Mucoraceae and Aspergillus species: preliminary report**. Journal of Medical Microbiology, v. 52, n. 1, p. 69–74, 1 jan. 2003. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12488568/. Acesso em 05 mai. 2025.

CARVALHO, A. **Colheita mecanizada reduz o custo da cenoura**. Revista Campo & Negócios. Uberlândia, 2017. Disponível em:

https://revistacampoenegocios.com.br/colheita-mecanizada-reduz-o-custo-da-cenoura/. Acesso em: 7 nov. 2024.

CARVALHO, J.; KUHN, O. J.; TARTARO, E. L.; STANGARLIN, J. R. **Controle Biológico de doenças em plantas mediado por leveduras e seus mecanismos de ação**. Journal of Agronomic Sciences, 2021. Disponível em: https://pag.uem.br/new/copy_of_v10n2p/01.pdf. Acesso em: 7 nov. 2024.

CARVALHO, A. D. F.; SILVA, G. O.; RAGASSI, C. F.; PEREIRA, G. E.; LOURENÇO JR, V.; LOPES, C. A.; PINHEIRO, J. B.; REIS, A. PILON, L. **Cenoura. Daucus carota L**. Brasília: EMBRAPA Hortaliças, 2021. Disponível em: http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1135838. Acesso em: 06 mai. 2025

CARVALHO, A. D. F.; REIS. A.*;* MOURA, A. P.; SOUZA, A. F.; LOPES, C.A.; LIMA, C. E. P.; FRANÇA, F. H.; SILVA, G. O.; PESSOA, H. B. S. V.; GUEDES, I. M. R.; PINHEIRO, J. B.; VIEIRA, J. V.; SILVA, J. B. C.; GUIMARÃES, J. A.; MESQUITA FILHO, M. V.; MICHEREFF FILHO, M.; VILELA, N. J.; MAKISHIMA, N.; PEREIRA, R. B.; FONTES, R. R.; CAVALIERI, S. D.; MORI, S. S. O.; MAROUELLI, W. A.; NASCIMENTO, W. M.; PEREIRA, W. **Cenoura.** EMBRAPA, 2022. Disponível em: https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/cenoura/producao/plantio. Acesso em: 13 abr. 2024.

CARVALHO, A. O.; CARMO, M. G. F. **Podridão pós-colheita de cenoura causada por *Ceratocystis fimbriata***. *Fitopatologia Brasileira*, v. 28, n. 1, p. 108, jan. 2003. Disponível em: https://www.scielo.br/j/fb/a/3LQhbCxDd4cSDwSxfq4ygRD/?lang=pt. Acesso em: 5 maio 2025.

CHO, S.; CHANG, H.; EGAMBERDIEVA, D.; KAMILOVA, F.; LUGTENBERG,B.; KUO, C. **Genome Analysis of Pseudomonas fluorescens PCL1751: A Rhizobacterium that Controls Root Diseases and Alleviates Salt Stress for Its Plant Host.** PLOS ONE, 9 out. 2015. Disponível em: https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0140231. Acesso em: 06 mai. 2025

COOPER, J. **POWDERY MILDEWS**. Washington State Unviersity, 2002. Disponível em: https://s3.wp.wsu.edu/uploads/sites/2054/2014/04/PowderyMildews.pdf. Acesso em: 21 mar. 2025.

CUNHA, T. G.; VISÔTTO, L. E.; PINHEIRO, L. M.; GOD, P. I. V; ROSA, J. M. O.; OLIVEIRA, C. M. G.; LOPES, E. A. **Distribution of Meloidogyne species in carrot in Brazil**. Ciência Rural, 2021. Disponível em: https://www.scielo.br/j/cr/a/44pbLL-RsR7XqRQWJxkrmB6F/. Acesso em: 05 mai. 2025.

CUNNINGTON, J.; WATSON, A.; LIBERATO, J.; JONES, R. **First record of powdery mildew on carrots in Australia**. Australasian Plant Disease Notes. 3. p. 38-41. 10.1007/BF03211231. 2008. Disponível em: https://www.publish.csiro.au/dn/Fulltext/DN08015. Acesso em: 20 fev. 2024.

DAVIS, R. M., GUBLER, W. D., KOIKE, S. T. **Powdery Mildew on Vegetables.** University of California IPM. Davis, 2008. Disponível em: https://ipm.ucanr.edu/home-and-landscape/powdery-mildew-on-vegetables/pest-notes/#gsc.tab=0. Acesso em: 05 mai. 2025

EMBRAPA/SEDE. **Manual de Segurança e Qualidade para a Cultura da Cenoura**. Brasília: EMBRAPA, 2004. 61 p. (Qualidade e Segurança dos Alimentos). Projeto PAS Campo. Convênio CNI/SENAI/SEBRAE/EMBRAPA. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/111897/1/MANUALSEGURANCAQUALIDADEParaaculturadacenoura.pdf. Acesso em 05 mai. 2025.

EUROPEAN AND MEDITERRANEAN PLANT PROTECTION ORGANIZATION GLOBAL DATABASE. **Erysiphe heraclei (ERYSHE), 2025.** Disponível em: https://gd.eppo.int/taxon/ERYSHE. Acesso em: 06 mai. 2025

FRAC-BR. **FRAC Classification of fungicides**, 2021. Disponível em: https://www.frac-br.org/_files/ugd/6c1e70_af87611de3ca44eb97834ce14fc3973c.pdf. Acesso em 01 nov. 2024

GHINI, R.; KIMATI, H. **Resistência de fungos a fungicidas**. Jaguariúna, SP: Embrapa Meio Ambiente, 2002. 78p. Disponível em: https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/13231. Acesso em 29 de jul. 2024

GLAWE, D. A.; PELTER, G. Q.; DU TOIT, L. J. **First Report of Powdery Mildew of Carrot and Parsley Cause by *Erysiphe heraclei* in Washington State**. Plant Health Progress, 2005. Disponível em: https://apsjournals.apsnet.org/doi/pdf/10.1094/PHP-2005-0114-01-HN#:~:text=heraclei%2C%20not%20previously%20reported%20in,home%20garden%20in%20Grant%20County. Acesso em: 05 mai 2025

GLAWE, D. A. **Synopsis of genera of Erysiphales (powdery mildew fungi) occurring in the Pacific Northwest.** Seattle: Pacific Northwest Fungi, 2006. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/228656219_Synopsis_of_genera_of_Erysiphales_powdery_mildew_fungi_occurring_in_the_Pacific_Northwest. Acesso em: 06 mai. 2025

GOWDA, R. V.; C. S. PATHAK, G. G.; GANESHAN, G. **Resistance source EOR powdery mildew and alternaria leaf blight diseases in carrot**, 2000. Disponível em: http://14.139.185.57:8080/xmlui/handle/123456789/3114. Acesso em: 06 mai. 2025.

GUO, R.; WANG, Z.; CHANG, Z.; LIU, Z. **Transcriptomic analysis reveals biocontrol mechanisms of Trichoderma harzianum ACCC30371 under eight culture conditions**. Journal of Forestry Research, 18 mar. 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/331848322_Transcriptomic_analysis_reveals_biocontrol_mechanisms_of_Trichoderma_harzianum_ACCC30371_under_eight_culture_conditions. Acesso em: 06 mai. 2025.

HAARSMA, A. D.; ZWAAN, W. A.; NIJKAMP, J. F.; MARTINUS, J. P.; DEKKER, P. A.; KROON, L. P. N. M.; SCHRIJVER, A. J. M. **Powdery Mildew resistance gene in**

carrot. Van Kooij, A. WO 2017/144077 A1. 31 Aug. 2017. Disponível em: https://patents.google.com/patent/US10704058B2/fr. Acesso em: 06 mai. 2025.

HORTIFRUTI BRASIL. **Quais são as frutas e hortaliças mais consumidas pelos brasileiros?** CEPEA, 2021. Disponível em: https://www.hfbrasil.org.br/br/hortifruti-cepea-quais-sao-as-frutas-e-hortalicas-mais-consumidas-pelos-brasileiros.aspx. Acesso em: 05 nov. 2024.

HORTIFRUTI BRASIL. **Anuário 2023/ 2024**. CEPEA, n 240, p. 16-17, 2023. Disponível em: https://www.hfbrasil.org.br/br/revista/anuario-hf-brasil-retrospectiva-2023-perspectiva-2024.aspx

HOVER, T.; MAYA, T.; RON, S.; SANDOVSKY, H.; SHADKCHAN, Y.; KIJNER, N.; MITIAGIN, Y.; FICHTMAN, B.; HAREL, A.; SHANKS, R. M. Q.; BRUNA, R. E.; GARCÍA-VÉSCOVI, E.; OSHEROV, N. **Mechanisms of Bacterial (Serratia marcescens) Attachment to, Migration along, and Killing of Fungal Hyphae**. Applied and Environmental Microbiology, v. 82, n. 9, p. 2585–2594, 19 fev. 2016. Disponível em: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4836416/. Acesso em: 05 mai. 2025.

IBGE. **Produção de cenoura**, 2022. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/cenoura/br. Acesso em: 31 mar. 2024.

LOPES, C. A.; REIS, A. **Doenças da cenoura**. Brasília: EMBRAPA, 2016. Disponível em: http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1050943. Acesso em: 06 mai. 2025.

MAROUELLI, W. A.; OLIVEIRA, R. A.; SILVA, W. L. C. 2007, **Irrigação na cultura da cenoura**. Embrapa Hortaliças, Brasília. 14p. (Circular Técnica, 48). Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/780402/1/ct48.pdf.

Acesso em 07 mai. 2025.

MELO, P. C. T.; EBURNEO, E. **O cultivo de cenoura em condições tropicais e subtropicais**. Piracicaba: Casa do Produtor Rural, 2019. Disponível em: https://casadoprodutorrural.com.br/site/wp-content/uploads/2022/12/Cultivo-de-Cenoura-em-Condicoes-Tropicais-e-Subtropicais.pdf. Acesso em 07 mai. 2025.

MICHEREFF, SAMI J.; MARIANO, R. **Controle Biológico de doenças de plantas. Periódicos existentes no Brasil e onde encontrá-los-Guia Básico**. Recife. Imprensa Universitária-UFRPE, 1993. Disponível em https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/579982/1/2009CL07.pdf. Acesso em 29 de julho de 2024

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO**.** Disponível em: https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em 01 nov. 2024.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Caminhos da Comida de Verdade: da terra à mesa, a cenoura surpreende**, 2022. Disponível em: https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-brasil/eu-quero-me-alimentar-melhor/noticias/2022/caminhos-da-comida-de-verdade-da-terra-a-mesa-a-cenoura-surpreende. Acesso em: 06 mai. 2025

MUHIBUDDIN, A.; SETIYOWATI, E. M.; SEKTIONO, A. W. **Mechanism Antagonism of Trichoderma viride against several types of pathogens and production of secondary metabolites**. Agrosaintifika, v. 4, n. 1, p. 243–253, 31 jan. 2022. Disponível em: https://doi.org/10.32764/agrosaintifika.v4i1.2375. Acesso em: 06 mai 2025.

PEREIRA, I. S; PEREIRA, M. T. **Oídio na cenoura – Não dá para descuidar**. Revista Campo & Negócios. Uberlândia, 2018. Disponível em: https://revistacampoenegocios.com.br/oidio-na-cenoura-nao-da-para-descuidar/. Acesso em: 20 fev. 2024.

PERINA, F. J.; AMARAL, D. C.; FERNANDES, R. S.; LABORY, C. R.; TEIXEIRA, G. A.; ALVES, E. **Thymus vulgaris essential oil and thymol against Alternaria alternata (Fr.) Keissler: effects on growth, viability, early infection and cellular mode of action**. Pest Management Science, Sussex, v. 71, p. 1371 - 1378, 2015. Disponível em: http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/28553. Acesso em: 27 nov. 2024.

PEST ADVISORIES. **Powdery Mildew on Carrots and Wireworms in potatoes**. University of Utah, 2019. Disponível em: https://pestadvisories.usu.edu/2019/09/03/powdery-mildew-on-carrots-and-wireworms-in-potatoes/. Acesso em: 20 fev. 2024.

REIS, A.; BOITEUX, L. S.; FONSECA, M. E. N. **Ocorrência da fase conidial de *Erysiphe heraclei* causando oídio em salsa e cenoura no Brasil Central.** Tropical Plant Pathology 34, p. 179, ago., 2009. Disponível em: http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/782658. Acesso em: 04 nov. 2024.

RODRIGUES, P. A. **A história da cenoura**. Brasília: EMBRAPA, 2020. Disponível em: https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/49845405/a-historia-da-cenoura#:~:text=Grande%20do%20Sul-,Os%20primeiros%20registros%20da%20hortali%C3%A7a%20apontam%20os%20arredores%20do%20Afeganist%C3%A3o,eram%20roxas%2C%20vermelhas%20ou%20amarelas. Acesso em: 13 abr. 2024.

SILVA, A. M. T.; USTRA, B. K.; GONÇALVES, G. A.; FARIA, M. A.; LIMA, P. A. F. **Atividade antifúngica dos óleos essenciais de eucalipto: uma revisão.** CONTRIBUCIONES A LAS CIENCIAS SOCIALES, 2024. Disponível em: https://ojs.revistacontribuciones.com/ojs/index.php/clcs/article/view/5340 Acesso em: 26 dez. 2024.

SOARES, M. C. E. **Agentes Saneantes na agricultura**. Campos & Negócio, 2023. Disponível em: https://revistacampoenegocios.com.br/agentes-saneantes-na-agricultura/. Acesso em 01 nov. 2024

SOMEYA, N.; NAKAJIMA, M.; HIRAYAE, K.; HIBI, T.; AKUTSU, K. **Synergistic Antifungal Activity of Chitinolytic Enzymes and Prodigiosin Produced by Biocontrol Bacterium, Serratia marcescens Strain B2 against Gray Mold Pathogen, Botrytis cinerea**. Journal of General Plant Pathology, v. 67, n. 4, p. 312–317, nov., 2001. Disponível em: https://link.springer.com/article/10.1007/PL00013038. Acesso em: 06 mai. 2025.

SOUZA, R. V.; CARDOSO, M. G.; FERREIRA, V. R. F.; OLIVEIRA, C. D.; ALVES, M. V. P; CAMPOLINA, G. A.; BATISTA, L. R. **Potencial antifúngico de constituintes de óleos essenciais**. Research, Society and Development, 2021. Disponível em: https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/download/20537/18424/250346. Acesso em: 06 mai. 2025.

STOLARCZYK, J., JANICK, J. **Carrot: History and iconography**. Chronica Horticulturae. 51. 13-18. Jan., 2011. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/304622888_Carrot_History_and_iconography. Acesso em: 06 mai. 2025.

TAKIACHI, M.; OEDA, K. **Transgenic carrots with enhanced resistance against two major pathogens, Erysiphe heraclei and Alternaria dauci**. Plant Science, 1999. Disponível em: https://link.springer.com/article/10.1007/s00425-010-1252-4.

TÜLEK, S.; CANPOLAT, S. **Effects of some fungicides against powdery mildew (Erysiphe heraclei D.C.) of carrot**. Plant Protection Bulletin, v. 56, n. 4, p. 349-358, 2016. Disponível em: https://dergipark.org.tr/en/pub/bitkorb/issue/26938/286338. Acesso em 06 mai. 2025.

VALOIS, A. C. C. **Importância dos transgênicos para a agricultura**. EMBRAPA, 2001. Disponível em: https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/103687/importancia-dos-transgenicos-para-a-agricultura. Acesso em: 05 nov. 2024.

VERAS, F. F.; CORREA, A. P. F.; WELKE, J. E.; BRANDELLI, A. **Inhibition of mycotoxin-producing fungi by Bacillus strains isolated from fish intestines**. v. 238, p. 23–32, 5 dez. 2016. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S016816051630438X?via%3Dihub. Acesso em 06 mai. 2025

VILELA, N. J.; CARVALHO, A. D. F. **Socioeconomia**. EMBRAPA, 2022. Disponível em: https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/cenoura/pre-producao/socioeconomia. Acesso em: 05 nov. 2024.

SITKEY, V.; ČIČOVÁ, I.; DOČOLOMANSKÝ, P.; HAVRLENTOVÁ, M.; IVANISOVA, E.; BELAJOVÁ, E. **Comparison of the chemical composition and morphological characteristics of different carrot varieties.** Journal of Microbiology Biotechnology and Food Sciences, p. e10779–e10779, 8 jul. 2024. Disponível em: https://office2.jmbfs.org/index.php/JMBFS/article/view/10779. Acesso em: 06 mai 2025.

VOLESKY, N.; MURRAY, M.; NISCHWITZ, C. **Powdery Mildews on Vegetables**. Utah: Utah State University Extension and Utah Plant Pest Diagnostic Laboratory, 2021. Disponível em: https://extension.usu.edu/planthealth/research/powdery-mildew-vegetables. Acesso em: 06 mai. 2025

WALLACE, R. L.; HIRKALA, D. L.; NELSON, L. M. **Postharvest biological control of blue mold of apple by Pseudomonas fluorescens during commercial storage and potential modes of action**. Postharvest Biology and Technology, v. 133, p. 1–11, 1 nov. 2017. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925521417302272. Acesso em: 05 mai. 2025.

WANG, Y. XU, K. D.; ZHANG, Y.; LIU, K.; ZHANG, F. L.; ZHANG, J.; TAN, G. X.; LI, C. W. **First Report of Powdery Mildew Cause by *Erysiphe heraclei* on Carrot in Central China.** Plant Disease, 2014. Disponível em: https://apsjournals.apsnet.org/doi/10.1094/PDIS-04-13-0439-PDN?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori:rid:crossref.org&rfr_dat=cr_pub%20%200pubmed. Acesso em: 05 mai. 2025.

WATSON, A. **Managing carrot powdery mildew**. Australasian Plant Pathol., v. 45, p. 29-35, 2016. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s13313-015-0383-2.

WATSON, A.; PUNG, H.; HALL, B.H. **Managing leaf diseases of carrots with traditional and alternative fungicides including baseline sensitivity studies**. Elsevier, 2017. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0261219416303398. Acesso em 05 mai. 2025

ZHAO, F.; HUANG, J.; QI, J.; LI, Q.; WU, H.; JU, J. **Proteomic analysis of antifungal mechanism of star anise essential oil against Aspergillus niger and its application potential in prolonging bread shelf life**. LWT, v. 169, p. 114023, nov. 2022. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643822009586. Acesso em: 27 nov. 2024.