

O CULTIVO DE PIMENTAS E PIMENTÕES E A NECESSIDADE DA BUSCA POR CULTIVARES RESISTENTES A DOENÇAS

Mariana Almeida dos Santos Peterle¹, Fernanda Pereira da Silva², Cíntia dos Santos Bento³, Andréa Ferreira da Costa⁴, Cláudia Pombo Sudré⁵ e Monique Moreira Moulin⁶

¹Doutora em Genética e Melhoramento de Plantas pela Universidade Federal do Espírito Santo, mari.almeida.s@hotmail.com; ²Bolsista de Pós-doutorado na Universidade Federal do Espírito Santo, fernanda_bio2010@hotmail.com; ³Doutora, Professora Adjunta na Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias e Engenharias, cintia_bento@yahoo.com.br; ⁴Doutora, Pesquisadora do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural, andreacosta_2000@yahoo.com.br; ⁵Doutora, Técnica Auxiliar de Pesquisa na Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, claudia.pombo@yahoo.com.br; ⁶Doutora, Professora Adjunta no Instituto Federal do Espírito Santo, moniquemoulin@gmail.com

RESUMO - As pimentas do gênero *Capsicum* tem apresentado crescente interesse do mercado de plantas ornamentais. A alta na sua produção e venda se deve, principalmente, a diversidade de coloração dos frutos, flores e folhas, sua arquitetura compacta e também pela facilidade de colheita dos frutos. Essas plantas são frequentemente acometidas por doenças, como a antracnose, a mancha-bacteriana e o mosaico amarelo do pimentão. O uso de cultivares resistentes no controle de doenças é um dos métodos de maior sucesso, porém para obtenção de um produto eficaz é necessário amplo conhecimento sobre a etiologia das doenças de interesse, seus sintomas, sinais, as condições ambientais ideais para o desenvolvimento do patógeno e sua interação com o hospedeiro. Além de ser fundamental o conhecimento dos genes de resistência de *Capsicum* spp. às doenças de interesse. Assim, este artigo de revisão tem como objetivo trazer informações sobre algumas das principais doenças responsáveis por causar danos aos cultivos de pimentas e pimentões. A revisão foi realizada de forma integrativa, e sua escrita teve como base trabalhos encontrados em sites de busca como o Google Acadêmico e *Science Direct*. Diferente da mancha-bacteriana e do PepYMV, não existem cultivares comerciais de pimenta e pimentão resistentes a antracnose,. Além disso, são poucos os produtos disponíveis, o que indica a necessidade de avanços nos estudos envolvendo o controle genético da resistência.

PALAVRAS-CHAVE: *Capsicum* spp. Cultivares resistentes. Plantas ornamentais. Doenças.

ABSTRACT - Peppers of the *Capsicum* genus have shown increasing interest in the ornamental plant market. Its high production and sale is due to the diversity of color of the fruits, flowers and leaves, its compact architecture and also the ease of harvesting the fruits. These plants are frequently affected by diseases, such as anthracnose, bacterial spot and yellow pepper mosaic. The use of resistant cultivars to control diseases is one of the most successful methods, however, to provide an effective product it is necessary to know the etiology of the diseases of interest, their symptoms, signs, the ideal environmental conditions for the development of the pathogen and the interaction with the host. Furthermore, knowledge of the resistance genes of *Capsicum* spp. to the diseases of interest is fundamental. This review article aims to provide information on some of the main diseases responsible for causing damage to pepper and pepper crops. The review was carried out in an integrative way, and its writing was based on articles found on search engines such as Google Scholar and Science Direct. There are no commercial pepper and pepper cultivars resistant to anthracnose, unlike bacterial spot and PepYMV. There are few products available, indicating the need for advances in studies involving genetic control of resistance.

KEYWORDS: *Capsicum* spp. Resistant cultivars. Ornamental plants. Diseases.

1 INTRODUÇÃO

As plantas do gênero *Capsicum* L. (Solanaceae) englobam cerca de 43 espécies, e o Brasil é considerado um importante centro de diversidade deste gênero. São cinco as espécies domesticadas e cultivadas no país, sendo elas *Capsicum annuum* L.; *Capsicum baccatum* (Wild) Eshbaugh; *Capsicum chinense* Jacq.; *Capsicum frutescens* L.; e *Capsicum pubescens* Ruiz & Pavon. A espécie *C. pubescens* é mais cultivada no sul do país, devido a necessidade de temperaturas mais baixas para se desenvolver. Por isso seu cultivo é inexpressivo no Brasil, mas com boa representatividade na Bolívia e Peru (BARBOZA et al., 2022; RIBEIRO et al., 2020).

A produção de pimenta ao redor do mundo é crescente, por ser considerada uma das principais especiarias consumidas. Dados de 2022 estimam que cerca de 40 milhões de toneladas foram cultivadas em uma área de 3,8 milhões de hectares (FAOSTAT, 2024). Os números atuais de produção de *Capsicum* no Brasil são escassos, mas a estimativa é de que cerca de 280 mil toneladas são produzidas anualmente, em área de cultivo de 13 mil hectares (PINTO; DONZELE, 2021). Além do mercado alimentício, as pimentas também são utilizadas na indústria farmacológica e cosmética, e estão cada vez mais presentes no comércio de plantas ornamentais (ZHANG et al., 2021; CUNHA et al., 2020).

Os frutos das pimenteiras são fonte de minerais e vitaminas, e o fato de apresentarem propriedades antioxidantes os tornam um alimento funcional. Vitaminas A, C, E, vitaminas do complexo B1 e B2 e minerais como ferro, cálcio e fósforo, provitamina A, carotenoides e folatos (Vitamina B9) podem ser encontrados nas pimentas (WAHYUNI et al., 2013; BAENAS et al., 2019; KARAMAN et al., 2023). Estudos também relatam propriedades anti-inflamatórias em extratos de pimenta, que apresentaram resultados parecidos com os encontrados em anti-inflamatórios sintéticos, como o dexametasona (CORTÉS-FERRÉ et al., 2023). Além disso, a diversidade de coloração dos frutos, flores e folhas, a arquitetura compacta e a facilidade de colheita dos frutos tornam as pimenteiras atraentes ao mercado ornamental (RÊGO; RÊGO, 2018).

Como ocorre com a maioria das solanáceas, as pimenteiras sofrem frequentemente com a presença de doenças, fato que dificulta sua produção. Entre as principais doenças que acometem as pimenteiras estão a antracnose, causada por fungos do gênero *Colletotrichum*; a mancha-bacteriana, causada por algumas bactérias do gênero *Xanthomonas*, e o mosaico amarelo do pimentão, causado pelo vírus *Pepper yellow mosaic virus* (PepYMV) (SHARMA et al., 2022; UTAMI et al., 2023; COSTA et al., 2021).

O principal método de controle de doenças é através do uso de agrotóxicos. Quando usados de forma indiscriminada, esses químicos podem causar prejuízos a saúde humana e ao meio ambiente, além de levar ao desenvolvimento de fitopatógenos resistentes (FARAHY et al., 2021; RUBIALES; KHAZAEI, 2022). Por isso, desenvolver cultivares resistentes é importante para que o controle de doenças seja eficaz e econômico, além de possibilitar a condução de cultivos mais sustentáveis.

Para o sucesso de um programa de melhoramento é necessário conhecer a etiologia das doenças de interesse, seus sintomas, sinais, as condições ambientais ideais para o desenvolvimento do patógeno e sua interação com o hospedeiro (EIRAS et al., 2018). Além disso, conhecer os genes de resistência de *Capsicum* spp. a diferentes patógenos é fundamental para o desenvolvimento de cultivares eficientes. Assim, o objetivo deste trabalho foi trazer informações sobre algumas das principais doenças responsáveis por causar danos aos cultivos de pimentas e pimentões.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo se estruturou a partir de uma revisão bibliográfica do tipo narrativa, que foi realizada por meio da busca por artigos atualizados relacionados ao tema escolhido para abordagem. A revisão do tipo narrativa tem a finalidade de reunir informações sobre determinado assunto de forma ampla, descritiva e teórica (DANTAS et al., 2021).

Para realização da pesquisa foi escolhido o tema, em seguida fez-se a organização lógica do trabalho e a delimitação das possíveis fontes de informação. As referências foram extraídas de bibliotecas virtuais como a *Scientific Electronic Library Online* (SciELO), o Google Acadêmico, PubMed e *Science Direct*, utilizando palavras chaves específicas. As buscas foram realizadas no período de setembro a dezembro de 2023.

3 PATÓGENOS QUE ACOMETEM O GÊNERO *Capsicum*

3.1. Antracnose

Os fungos do gênero *Colletotrichum* são considerados um dos dez patógenos mais notórios do mundo e, além das pimentas e pimentões, acometem outras hortaliças, diversos frutos, cereais e legumes (YU et al., 2022; BENATAR; SURYANTI, 2021; ARAGAW; CHALA; TEREFE, 2023). O fato de diferentes espécies do fungo acometerem diferentes espécies de *Capsicum* torna a etiologia da antracnose complexa. No Brasil, as principais espécies de *Colletotrichum* responsáveis por causar danos aos cultivos de pimentas e pimentões são: *Colletotrichum scovillei*, *Colletotrichum siamense*, *Colletotrichum brevisporum* e *Colletotrichum truncatum* (SILVA et al., 2017; GIACOMIN et al., 2021; ARAÚJO et al., 2023).

O desenvolvimento do fungo *Colletotrichum* é favorecido em temperaturas e umidades mais elevadas, por isso, é mais comum que epidemias ocorram em regiões tropicais e subtropicais (RAMPERSAD; RAMDIAL; RAMPERSAD, 2016). A antracnose causa danos a produção tanto no pré quanto no pós-colheita, fato que torna importante estudos que relacionem a doença a cultura da pimenta. Os sintomas encontrados na planta podem variar de acordo com a espécie do patógeno e com o órgão infectado. Em caules e folhas, pequenas manchas marrom-acinzentadas com bordas escuras podem aparecer. Nas flores pode ocorrer necrose, o que causará o ressecamento em frutos recém fecundados. Quando infectados, os frutos apresentam lesões deprimidas de coloração marrom a preta, em formato circular ou oval (LIU et al., 2016; GIACOMIN et al., 2021), o que leva a desvalorização da planta no mercado ornamental, já que os frutos são os atrativos principais nas pimenteiros.

A falta de cultivares de pimenta resistentes à antracnose torna o uso de agrotóxicos o principal método de controle da doença. Porém, o uso indiscriminado de fungicidas tem levado ao desenvolvimento de isolados fúngicos resistentes (USMAN et al., 2022; ISA; KIM, 2022), reduzindo a eficácia no controle da doença. Assim, estudar as fontes de resistência de *Capsicum* aos fungos do gênero *Colletotrichum* é importante para o sucesso de programas de melhoramento que visem a aquisição de cultivares resistentes.

Fontes de resistência ao *Colletotrichum* foram identificadas em *Capsicum* spp. (SILVA et al., 2014; MISHRA; ROUT; JOSHI, 2019; RO et al., 2021), mas os estudos devem ser aprimorados para que cultivares resistentes sejam comercializadas. O controle genético da resistência ao *Colletotrichum* em *Capsicum* pode variar conforme a espécie do patógeno, a fonte de resistência e o estágio de desenvolvimento do fruto. Estudos indicaram respostas diferentes quando o mesmo isolado do patógeno foi inoculado em frutos imaturos e maduros do mesmo genótipo (CHUNYING et al., 2015; BABA et al., 2019).

Foram identificados doze genes de resistência em *Capsicum* spp. : *Arn1*, *Arn2*, *Arn3*, *Arn4* e *Arn5* (PARK et al., 1990; LIN et al., 2002; WANG; BOSLAND, 2006); *co1*, *co2*, *co3*, *co4* e *Co5*, onde o gene *co3* confere resistência a plântulas e *co4* a frutos imaturos (PAKDEEVARAPORN et al., 2005; MAHASUK et al., 2009ab); e recentemente, foram identificados os genes *RCt1* e *CA05g17730* (MISHRA et al., 2019; ZHAO et al., 2020). Dentre os doze genes, oito são dominantes e quatro recessivos.

3.2. Mancha-bacteriana

Em *Capsicum* spp., a mancha-bacteriana é uma doença causada por três espécies de *Xanthomonas*: *Xanthomonas vesicatoria*, *Xanthomonas euvesicatoria* e *Xanthomonas gardneri* (OSDAGHI et al., 2021). Esses são patógenos de grande importância para o gênero, sendo uma das doenças mais ameaçadoras aos cultivos de pimentas e pimentões (POTNIS et al., 2015; UTAMI; MEALE; YOUNG, 2022). Além das plantas do gênero *Capsicum*, as bactérias do gênero *Xanthomonas* também acometem outros vegetais, como o tomate, a mandioca, a cana-de-açúcar e citros (ABRAHAMIAN et al., 2021a; ELLIOT et al., 2022; SHI et al., 2023; BEHLAU; GOCHEZ; JONES, 2020).

A doença se manifesta através de lesões necróticas em toda a parte aérea da planta, podendo causar manchas de coloração marrom-escuro. Um dos sintomas mais importantes é a desfolha, que diminui a produtividade da pimenteira, além de deixar os frutos expostos a luz do sol, causando queimaduras que atrapalham a venda dos frutos frescos (TÓTH et al., 2023; LARRAHONDO-RODRÍGUEZ; LIAO; HUERTA, 2022). A transmissão do patógeno ocorre, principalmente, através de sementes e mudas contaminadas transplantadas para áreas de produção. O adensamento de plantas, o uso de aspersores e condições de umidade e temperatura elevadas são fatores que contribuem para a rápida disseminação do patógeno (SIMONTON et al., 2020; ABRAHAMIAN et al., 2021b).

O controle da mancha-bacteriana é mais eficaz quando realizado no início do ciclo da cultura, através da utilização de sementes e mudas saudáveis, com pouca umidade sobre as folhas (ABRAHAMIAN et al., 2019). Quando necessário, o controle biológico ou químico pode ser colocado em prática, porém, a eficácia desses métodos varia de acordo com as condições ambientais, a resistência do patógeno ao produto e a incidência da doença no cultivo (OSDAGHI et al., 2021).

O controle biológico da doença é complexo, pois o patógeno pode estar presente na planta durante todo o ciclo de desenvolvimento. Para que seja bem sucedido, o produto, ou o antagonista ao patógeno, precisa ser eficaz durante todo o período infeccioso. É possível encontrar estudos que obtiveram sucesso no controle biológico de *Xanthomonas* spp., porém apenas alguns são testados em campo (LE et al., 2020; AWAD-ALLAH; SHAMS; HELALY, 2021; HERNÁNDEZ-HUERTA et al., 2023). O controle químico é o método mais utilizado para manejo da doença em *Capsicum*, onde o uso de produtos à base de cobre é frequentemente empregado. Dificuldades também são encontradas nesse método de controle, principalmente devido a ocorrência de resistência do patógeno ao cobre (GRIFFIN et al., 2017; ROACH et al., 2020). Assim, o uso de cultivares resistentes se torna um método mais eficaz no manejo da doença.

As interações planta-bactéria podem ser compatíveis ou incompatíveis. Quando são incompatíveis, ocorre reação de hipersensibilidade (RH), com morte rápida da célula no local ou ao redor do sítio de infecção. A causa da ocorrência de RH em *Capsicum* quando acometidas por *Xanthomonas* spp. pode estar relacionada com a perda do gene *avrBsT* (HAN; HWANG, 2017; GRAÇA, 2019). Até a atualidade, foram identificados seis genes dominantes de resistência a mancha bacteriana em *Capsicum* spp.: *Bs1*, *Bs2*, *Bs3*, *Bs4C* e *Bs7* (COOK; STALL, 1963; COOK; GUEVARA, 1984; KIM; HARTMANN, 1985; SAHIN; MILLER,

1998; POTNIS et al., 2011). Esses genes interagem com os respectivos genes de avirulência: *avrBs1*, *avrBs2*, *avrBs3*, *avrBs4C* e *avrBs7*, o que causa resistência resultante de RH. Além desses, outros três genes de resistência recessiva também foram catalogados (*bs5*, *bs6* e *bs8*) (JONES et al., 2002; SHARMA et al., 2022). A resistência recessiva não é raça-específica, por isso não provoca reação de hipersensibilidade (POLAND et al., 2009).

Entre os genes de resistência dominante, três deles foram implantados comercialmente (*Bs1*, *Bs2* e *Bs3*), conferindo resistência a onze raças de mancha-bacteriana causadas pela espécie *X. euvesicatoria* (STALL et al., 2009). Em relação aos genes recessivos, apenas o *bs5* foi implantado comercialmente (MCCARTHY, 2011; MCCARTHY, 2012).

3.3. *Pepper yellow mosaic virus*

Durante muito tempo, o *Potato vírus Y* (PVY) foi considerada a principal virose responsável por acometer pimentões. Houve maior controle das infestações no ano de 1970, quando o Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) lançou cultivares resistentes. Após evolução do PVY, ocorreu quebra da resistência presente nas cultivares e grande disseminação da virose, até o lançamento da cultivar Magali R (NAGAI, 1993; BRAGA; PAVAN, 2021). Em 2002, após realizada análise genômica do vírus, a estirpe PVY^m recebeu o nome de espécie, passando a ser chamada *Pepper yellow mosaic virus* (PepYMV) (INOUE-NAGATA et al., 2002).

O *Pepper yellow mosaic virus* (PepYMV) é um *Potyvirus* de difícil controle, considerado o principal causador de grandes danos a cultivos de pimenta e pimentão no Brasil. Os sintomas causados pelo patógeno acometem vários órgãos da planta, provocando encarquilhamento e amarelecimento das folhas, mosaico severo, redução no tamanho das plantas e frutos, além de deformar os frutos (COSTA et al., 2021; OLIVEIRA et al., 2018). A transmissão de fitoviroses pode ocorrer através de outros organismos, como fungos, ácaros e nematoides, mas no caso dos *Potyvirus* a transmissão ocorre através de afídeos (ZERBINI et al., 2002).

Por não ser possível controlar viroses quando a planta já está acometida pelo vírus, o principal método de controle do PepYMV ocorre por meio de resistência genética ou através do controle preventivo. Entre as medidas preventivas estão a utilização de material propagativo e sementes livres de vírus, além da eliminação do patógeno e possíveis vetores antes da implantação da cultura. Essa eliminação pode ser feita através do uso de coberturas refletoras e o controle de ervas daninhas para eliminar os reservatórios de vírus e afídeos (FAJARDO; NICKEL, 2019).

Várias fontes de resistência ao vírus são conhecidas em *Capsicum* spp., onde uma série de alelos chamados *pvr* realizam o controle da resistência ao *Potyvirus*. Para PepYMV, foram identificados oito genes de resistência: cinco recessivos (*pvr1*, *pvr2*, *pvr3*, *pvr5* e *pvr6*) (PARELLA et al., 2002) e três dominantes (*Pvr4*, *Pvr7* e *Pvr10*) (ARNEDO-ANDRÉS; LUIS-ARTEAGA; ORTEGA, 2006; REZENDE et al., 2019).

Em 2019, um novo isolado de PepYMV foi detectado na cidade de Lins, em São Paulo, sendo denominado PepYMV-Lins. Essa nova estirpe foi responsável por quebrar a resistência ao vírus encontrada em cultivares de pimentão (GIORIA et al., 2009). Braga e Pavan (2021) visaram buscar fontes de resistência ao novo isolado através da obtenção de híbridos. Foram obtidos dois híbridos que mostraram resistência aos dois isolados (PepYMV e PepYMV-Lins). Desses, o híbrido AF23579 apresentou melhores resultados, podendo ser encontrado no mercado com o nome de Nocaute.

4 CONCLUSÃO

O uso de agrotóxicos de forma indiscriminada em plantas de interesse ornamental e com fins alimentícios, como no caso das pimentas e pimentões, não é o melhor método de manejo de doenças, devido ao possível contato direto e rápido do produto com o consumidor. Além disso, no caso do vírus PepYMV, que é um organismo intracelular obrigatório, não existem produtos químicos capazes de impossibilitar sua entrada, replicação ou movimentação viral. Assim, o conhecimento das principais doenças que acometem o gênero *Capsicum*, e de seus respectivos genes de resistência, é importante para que estudos de controle genético sejam colocados em prática, possibilitando o desenvolvimento de cultivares resistentes.

REFERÊNCIAS

ABRAHAMIAN, P.; JONES, J. B.; VALLAD, G. E. Efficacy of copper and copper alternatives for management of bacterial spot on tomato under transplant and field production. **Crop Protection**, v. 126, n. 104919, 2019.

ABRAHAMIAN, P.; KLEIN-GORDON, J. M.; JONES, J. B.; VALLAD, G. E. Epidemiology, diversity, and management of bacterial spot of tomato caused by *Xanthomonas perforans*. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 105, 2021a.

ABRAHAMIAN, P.; SHARMA, A.; JONES, J.; VALLAD, G.E. Dynamics and spread of bacterial spot epidemics in tomato transplants grown for field production. **Plant Disease**, v. 105, 2021b.

ARAGAW, G.; CHALA, A.; TEREFE, H. Cultural and morphological characteristics of *Colletotrichum sublineolum* isolates infecting sorghum in eastern Ethiopia. **Heliyon**, v. 9, n. 1, 2023.

ARAÚJO, M. S. B.; SUDRÉ, C. P.; ALENCAR, A. A. S.; CAVALCANTI, T. F. M.; ALMEIDA, C. L. P.; RODRIGUES, R. The state-of-the-art in the genetics of resistance to the *Colletotrichum* species complex in *Capsicum*. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, v. 29, 2023.

ARNEDO-ANDRES, M. S.; LUIS-ARTEAGA, M.; ORTEGA, R. G. New inheritance studies related to *Potato Virus Y* (PVY) resistance in *Capsicum annuum* L. 'Serrano Criollo de Morelos-334'. **Euphytica**, v. 151, n. 1, 2006.

AWAD-ALLAH, E. F. A.; SHAMS, A. H. M.; HELALY, A. A. Suppression of Bacterial Leaf Spot by Green Synthesized Silica Nanoparticles and Antagonistic Yeast Improves Growth, Productivity and Quality of Sweet Pepper. **Plants**, v. 10, n. 8, 2021.

BABA, V. Y.; CONSTANTIVO, L. V.; IVAMOTO, S. T.; MOREIRA, A. F. P.; MADEIRA, T. B.; NIXDORF, S. L.; RODRIGUES, R.; GONÇALVES, S. L. A. *Capsicum-Colletotrichum* interaction: Identification of resistance sources and quantification of secondary metabolites in unripe and ripe fruits in response to anthracnose infection. **Scientia Horticulturae**, v. 246, 2019.

BAENAS, N.; BELOVIC, M.; ILIC, N.; MORENO, D. A.; GÁRCIA-VIGUERA, C. Industrial use of pepper (*Capsicum annum* L.) derived products: Technological benefits and biological advantages. **Food Chemistry**, v. 274, 2019.

BARBOZA, G. E.; CARRIZO-GARCÍA, C.; BIANCHETTI, L. B.; ROMERO, M. V.; SCLADAFERRO, M. Monograph of wild and cultivated chili peppers (*Capsicum* L., Solanaceae). **PhytoKeys**, v. 200, 2022.

BEHLAU, F.; GOCHEZ, A. M.; JONES, J. B. Diversity and copper resistance of *Xanthomonas* affecting citrus. **Tropical Plant Pathology**, v. 45, 2020.

BENATAR, G. V.; SURYANTI, A. W. First report of *Colletotrichum asianum* associated with mango fruit anthracnose in Indonesia. **Crop Protection**, v. 141, 2021.

BRAGA, R.; PAVAN, M. A. Resistência de pimentão ao PepYMV e PepYMV-Lins e obtenção de híbridos resistentes. **Summa Phytopathologica**, v. 47, n. 1, 2021.

CHUNYING, S.; LI, M. S.; HAI, Z. Z.; ALAIN, P.; HAO, W. L.; XI, Z. B. Resistances to anthracnose (*Colletotrichum acutatum*) of *Capsicum* mature green and ripe fruit are controlled by a major dominant cluster of QTLs on chromosome P5. **Scientia Horticulturae**, v. 181, 2015.

COOK, A.; GUEVARA, Y. Hypersensitivity in *Capsicum chacoense* to race 1 of the bacterial spot pathogen of pepper. **Planta Disease**, v. 68, 1984.

COOK, A.; STALL, R. Inheritance of resistance in pepper to bacterial spot. **Phytopathology**, v. 53, 1963.

CORTÉS-FERRÉ, H. E.; MARTINÉZ-ÁVILA, M.; ANTUNES-RICARDO, M.; GUERRERO-ANALCO, J. A.; MONRIBOT-VILLANUEVA, J. L.; GUTIÉRREZ-URIBE, J. A. In vitro Evaluation of Anti-Inflammatory Activity of "Habanero" Chili Pepper (*Capsicum chinense*) Seeds Extracts Pretreated with Cellulase. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 78, 2023.

COSTA, D. V.; PAIVA, C. L. A.; BENTO, C. S.; SUDRÉ, C. P.; CAVALCANTI, T. F. M.; GONÇALVES, L. S. A.; VIANA, A. P.; RODRIGUES, R. Breeding for *Pepper yellow mosaic virus* resistance and agronomic attributes in recombinant inbred lines of chili pepper (*Capsicum baccatum* L.) using mixed models. **Scientia Horticulturae**, v. 282, 2021.

CUNHA, J. M.; CAVALCANTI, T. F. M.; SUDRÉ, C. P.; PIMENTA, S.; BENTO, C. S.; SILVA, L. R. A.; RODRIGUES, R. Testing ornamental chili pepper pre-cultivars. **Functional plant breeding journal**, v. 2, n. 2, 2020.

DANTAS, H. L. L.; COSTA, C. R. B.; COSTA, L. M. C.; LÚCIO, I. M. L.; COMASSETTO, I. Como elaborar uma revisão integrativa: sistematização do método científico. **Revista Científica de Enfermagem**, v. 12, n. 37, 2021.

EIRAS, M.; DIANESE, E. C.; PEREIRA-CARVALHO, R. C. Resistência Genética de Plantas a Vírus. In: DALLAGNOL, L. J. (Org.). **Resistência Genética: de Plantas a Patógenos**. Pelotas: Editora UFPel, 2018. p. 296-358.

ELLIOT, K.; BERRY, J. C.; KIM, H.; BART, R. S. A comparison of ImageJ and machine learning based image analysis methods to measure cassava bacterial blight disease severity. **Plant Methods**, v. 18, n. 86, 2022.

FAJARDO, T. V. M.; NICKEL, O. **Transmissão de vírus e controle de viroses em plantas**. Documentos 110, Embrapa Uva e Vinho, 2019.

FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2024. **Crops and livestock products**. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>. Acesso em: 16 de janeiro de 2024.

FARAHY, O.; LAGHFIRI, M.; BOURIOUG, M.; ALEYA, L. Overview of pesticide use in Moroccan apple orchards and its effects on the environment. **Current Opinion in Environmental Science na Health**, v. 19, 2021.

GIACOMIN, R. M.; DE FÁTIMA RUAS, C.; BABA, V. Y.; DE GODOY, S. M.; SUDRÉ, C. P.; BENTO, C. S.; DA CUNHA, M.; GERONIMO, I. G. C.; RODRIGUES, R.; GONÇALVES, L. S. Phenotypic, molecular and pathogenic characterization of *Colletotrichum scovillei* infecting *Capsicum* species in Rio de Janeiro, Brazil. **PeerJ**, v. 9, n. e10782, 2021.

GIACOMIN, R. M.; RUAS, C. F.; MOREIRA, A. F. P.; GUIDONE, G. H. M.; BABA, V. Y.; RODRIGUES, R.; GONÇALVES, L. S. A. Inheritance of anthracnose resistance (*Colletotrichum scovillei*) in ripe and unripe *Capsicum annuum* fruits. **Journal of Phytopathology**, v. 168, n. 3, 2021.

GIORIA, R.; BRAGA, R.S.; KRAUSE-SAKATE, R.; ROULLIER, C.; ROSA, D.D.; MOURA, M.F.; SOUZA-DIAS, J.A.C.; SAWAZAKI, H.E.; CAMARGO, L.E.A.; REZENDE, J.A.M. Breakdown of resistance in sweet pepper against Pepper yellow mosaic virus in Brazil. **Scientia Agricola**, v. 66, n. 2, 2009.

GRAÇA, G. A. **Método genealógico e REML/BLUP associados ao desenvolvimento do pimentão (*Capsicum annuum* L.) resistente à mancha bacteriana**. Tese (Tese em Genética e Melhoramento de Plantas) – UENF. Campos do Goytacazes, 2019.

GRIFFIN, K.; GAMBLEY, C.; BROWN, P.; LI, Y. Copper-tolerance in *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* and *Xanthomonas* spp. and the control of diseases associated with these pathogens in tomato and pepper. A systematic literature review. **Crop Protection**, v. 96, 2017.

HAN, S. W.; HWANG, B. K. Molecular functions of *Xanthomonas* type III effector AvrBsT and its plant interactors in cell death and defense signaling. **Mycotoxin Research**, v. 245, 2017.

HERNÁNDEZ-HUERTA, J.; TAMEZ-GUERRA, P.; GOMEZ-FLORES, R.; DELGADO-GARDEA, M. C. E.; ROBLES-HERNÁNDEZ, L.; GONZALES-FRANCO, A. C.; INFANTE-RAMIREZ, R. Pepper growth promotion and biocontrol against *Xanthomonas euvesicatoria* by *Bacillus cereus* and *Bacillus thuringiensis* formulations. **Plant Biology**, v. 11, 2023.

INOUE-NAGATA, A. K.; FONSECA, M. E. N.; RESENDE, R. O.; BOITEUX, L. S.; MONTE, D. C.; DUSI, A. N.; ÁVILA, A. C.; VANDER VLUGT, R. A. A. *Pepper yellow mosaic virus*, a new potyvirus in sweet pepper, *Capsicum annuum*. **Archives of Virology**, v.147, n.4, 2002.

ISA, D. A.; KIM, H. T. Detection of *Colletotrichum* spp. Resistant to Benomyl by Using Molecular Techniques. **Plant Pathology Journal**, v. 38, n. 6, 2022.

JONES, J. B.; MINSAVAGE, G. V.; ROBERTS, P. D.; JOHNSON, R. R.; KOUSIK, C. S.; SUBRAMANYA, S.; STALL, R. E. A Non-Hypersensitive Resistance in Pepper to the Bacterial Spot Pathogen is Associated with Two Recessive Genes. **Phytopathology**, v. 92, 2002.

KARAMAN, K.; PINAR, H.; CIFTCI, B.; KAPLAN, M. Characterization of Phenolics and Tocopherol Profile, Capsaicinoid Composition and Bioactive Properties of Fruits in Interspecies (*Capsicum annuum* X *Capsicum frutescens*) Recombinant Inbred Pepper Lines (RIL). **Food Chemistry**, 2023.

KIM, B. S.; HARTMANN, R. W. Inheritance of a Gene (Bs₃) Conferring Hypersensitive Resistance to *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* in Pepper (*Capsicum annuum*). **Plant Disease**, v. 69, 1985.

LARRAHONDO-RODRÍGUEZ, E.; LIAO, Y.-Y.; HUERTA, A. I. Diagnostic Guide for Bacterial Spot of Tomato and Pepper. **Plant Health Progress**, v. 23, n. 3, 2022.

LE, K. D.; KIM, J.; YU, N. H.; KIM, B.; LEE, C. W.; KIM, J.-C. Biological Control of Tomato Bacterial Wilt, Kimchi Cabbage Soft Rot, and Red Pepper Bacterial Leaf Spot Using *Paenibacillus elgii* JCK-5075. **Frontiers of Plant Science**, v. 11, 2020.

LIN, Q.; KANCHANA-UDOMKARN, C.; JAUNET, T.; MONGKOLPORN, O. Genetic analysis of resistance to pepper anthracnose caused by *Colletotrichum capsici*. **Thai journal of Agricultural Science**, v. 35, n. 3, 2002.

LIU, F.; TANG, G.; ZHENG, X.; LI, Y.; SUN, X.; QI, X.; ZHOU, Y.; XU, J.; CHEN, H.; CHANG, X.; ZHANG, S.; GONG, G. Molecular and phenotypic characterization of *Colletotrichum* species associated with anthracnose disease in peppers from Sichuan Province, China. **Scientific Reports**, v. 6, n. 32761, 2016.

MAHASUK, P.; KHUMPENG, N.; WASEE, S.; TAYLOR, P. W. J.; MONGKOLPORN, O. Inheritance of resistance to anthracnose (*Colletotrichum capsici*) at seedling and fruiting stages in chili pepper (*Capsicum* spp.). **Plant Breeding**, v. 128, 2009a.

MAHASUK, P.; TAYLOR, P. W. J.; MONGKOLPORN, O. Identification of Two New Genes Conferring Resistance to *Colletotrichum acutatum* in *Capsicum baccatum*. **Phytopathology**, v. 99, 2009b.

MCCARTHY, W. Sweet Pepper Hybrid 9942815, 2012. Disponível em: <https://patents.google.com/patent/US8138398B2>. Acesso em: 16 de janeiro de 2024.

MCCARTHY, W. Sweet Pepper Hybrid 9954288, 2011. Disponível em: <https://patents.google.com/patent/US8013222B2>. Acesso em: 16 de janeiro de 2024.

- MISHRA, R.; ROUT, E.; JOSHI, R. K. Identification of Resistant Sources Against Anthracnose Disease Caused by *Colletotrichum truncatum* and *Colletotrichum gloeosporioides* in *Capsicum annuum* L. **Proc. Natl. Acad. Sci.**, v. 89, 2019.
- NAGAI, H. Pimentão, pimenta doce e pimenta In: Furlani, A.M.C; Viegas, G. (Orgs). **O melhoramento de plantas no Instituto Agronômico**. Instituto Agronômico, Campinas, 1993, p.276-294.
- OLIVEIRA, R. M.; DIANESE, E. C.; LIMA, M. F.; RESENDE, R. O.; INOUE-NAGATA, A. K.; BOITEUX, L. S. Sources of resistance to *Potato virus Y* and *Pepper yellow mosaic virus* in *Solanum* (section *Lycopersicon*) germplasm. **Eur. J. Plant Pathol.** v. 150, n. 3, 2018.
- OSDAGHI, E.; JONES, J. B.; SHARMA, A.; GOSS, E. M.; ABRAHAMIAN, P.; NEWBERRY, E. A.; POTNIS, N.; CARVALHO, R.; CHOUDHARY, M.; PARET, M. L.; TIMILSINA, S.; VALLAD, G. E. A centenary for bacterial spot of tomato and pepper. **Molecular Plant Pathology**, v. 22, n. 12, 2021.
- PAKDEEVARAPORN, P.; WASEE, S.; TAYLOR, P. W. J.; MONGKOLPORN O. Inheritance of resistance to anthracnose caused by *Colletotrichum capsici* in *Capsicum*. **Plant Breeding**, v. 124, n. 2, 2005.
- PARK, H. K.; KIM, B. S.; LEE, W. S. Inheritance of resistance to anthracnose (*Colletotrichum* spp.) in pepper (*Capsicum annuum* L.). I. Genetic analysis of anthracnose resistance by diallel crosses. **Journal of the Korean Society for Horticultural Science**, v. 31, n. 2, 1990.
- PARRELLA, G.; RUFFEL, S.; MORETTI, A.; MOREL, C.; PALLOIX, A.; CARANTA, A. Recessive resistance genes against potyviruses are localized in collinear genomic regions of the tomato (*Lycopersicon* spp.) and pepper (*Capsicum* spp.) genomes. **Theor. Appl. Genet**, v. 105, 2002.
- PEDROSO, C.; DIAS-NETO, J. J.; ROSSATO, M.; ANJOS, L. M.; CAFÉ-FILHO, A. C. Managing sweet pepper anthracnose by choice of planting season, organic soil mulch, fungicide and moderate nitrogen fertilization. **Phytoparasitica**, v. 48, n. 4, 2020.
- PINTO, C. M. F.; DONZELE, S. M. L. **Como cultivar pimentas *Capsicum***. Disponível em: <https://revistacampoenegocios.com.br/como-cultivar-pimentas-capsicum/>. Acesso em 8 de maio de 2023.
- POLAND et al. Shades of gray: the world of quantitative disease resistance. **Trends Plant Sci.**, v. 14, 2009.
- POTNIS, N.; MINSAVAGE, G.; SMITH, J. K.; HURLBERT, J. C.; NORMAN, D.; RODRIGUES, R.; STALL, R. E.; JONES, J. B. Avirulence proteins AvrBs7 from *Xanthomonas gardneri* and AvrBs1.1 from *Xanthomonas euvesicatoria* contribute to a novel gene-for-gene interaction in pepper. *Mol. Plant Microbe Interact.*, v. 25, n. 3, 2012.
- POTNIS, N.; TIMILSINA, S.; STRAYER, A.; SHANTHARAJ, D.; BARAK, J. D.; PARET, M. L.; JONES, J. B. Bacterial spot of tomato and pepper: Diverse *Xanthomonas* 65 species

with a wide variety of virulence factors posing a worldwide challenge. **Molecular Plant Pathology**, v. 16, n. 9, 2015.

RÊGO, E. R.; RÊGO, M. M. Ornamental pepper. In: HUYLENBROECK, J. V. **Ornamental crops**. Springer International Publishing Switzerland, 2018.

RIBEIRO, C. S. C.; CARVALHO, S. I. C.; REIFSCHNEIDER, F. J. B.; BIANCHETTI, L. B.; LOPES, C. A.; LIMA, M. F.; REIS, A.; DUVAL, A. M. Q.; PINHEIRO, J. B.; NAGATA, A. K. I.; RAGASSI, C. F. Cultivares de pimentas das espécies *Capsicum* spp. desenvolvidas pela embrapa hortaliças. **Circular Técnica 172**, Embrapa, 2020.

RO, N.-Y.; SEBASTIN, R.; HUR, O.-S.; CHO, G.-T.; GEUM, B.; LEE, Y.-J.; KANG, B.-C. Evaluation of Anthracnose Resistance in Pepper (*Capsicum* spp.) Genetic Resources. **Horticulturae**, v. 7, n. 11, 2021.

ROACH, R.; MANN, R.; GAMBLEY, C. G.; SHIVAS, R. G.; CHAPMAN, T.; RODONI, B. Pathogenicity and copper tolerance in Australian *Xanthomonas* species associated with bacterial leaf spot. **Crop Protection**, v. 127, 2020.

RUBIALES, D.; KHAZAEI, H. Advances in disease and pest resistance in faba bean. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 135, 2022.

SAHIN, F.; MILLER, S. A. Resistance in *Capsicum pubescens* to *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* Pepper Race 6. **Plant Disease**, v. 82, 1998.

SHARMA, A.; MINSAVAGE, G. V.; GILL, U. S.; HUTTON, S. F.; JONES, J. B. Identification and Mapping of *bs8*, a Novel Locus Conferring Resistance to Bacterial Spot Caused by *Xanthomonas gardneri*. **Phytopathology**, v. 112, n. 8, 2022.

SHARMA, G.; MAYMON, M.; ELAZAR, M.; FREEMAN, S. First report of *Colletotrichum aenigma* and *C. perseae* causing anthracnose disease on *Capsicum annuum* in Israel. **Crop Protection**, v. 152, 2021.

SHI, M.-T.; ZHANG, T.-J.; FANG, Y.; PAN, C.-P.; FU, H.-Y.; GAO, S.-J.; WANG, J. Nano-selenium enhances sugarcane resistance to *Xanthomonas albilineans* infection and improvement of juice quality. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 254, 2023.

SILVA, J. R.; CHAVES, T. P.; SILVA, A. R.; BARBOSA, L. D. F.; COSTA, J. F.; RAMOS-SOBRINHO, R.; ASSUNCAO, I. P. Molecular and morpho-cultural characterization of *Colletotrichum* spp. associated with anthracnose on *Capsicum* spp. in northeastern Brazil. **Tropical Plant Pathology**, v. 42, n. 4, 2017.

SILVA, S. A. M.; RODRIGUES, R.; GONÇAVES, L. S. A.; SUDRÉ, C. P.; BENTO, C. S.; CARMO, M. G. F.; MEDEIROS, A. Resistance in *Capsicum* spp. to anthracnose affected by different stages of fruit development during pre- and post-harvest. **Tropical Plant Pathology**, v. 39, n. 4, 2014.

STALL, R. E.; JONES, J. B.; MINSAVAGE, G. V. Durability of resistance in tomato and pepper to xanthomonads causing bacterial spots. **Annu. Rev. Phytopathol.**, v. 47, 2009.

TÓTH, Z. G.; TÓTH, M.; FEKETE, S.; SZABÓ, Z.; TÓTH, Z. Screening Wild Pepper Germplasm for Resistance to *Xanthomonas hortorum* pv. *Gardneri*. **Sustainability**, v. 15, n. 2, 2023.

USMAN, H. M.; TAN, Q.; FAN, F.; KARIM, M. M.; YIN, W.-X.; ZHU, F.-X.; LUO, C.-X. Sensitivity of *Colletotrichum nymphaeae* to Six Fungicides and Characterization of Fludioxonil-Resistant Isolates in China. **Plant Disease**, v. 106, n. 1, 2022.

UTAMI, D.; JAYASANTI, N. N. S.; MEALE, S. J.; YOUNG, A. J. First report of *Xanthomonas euvesicatoria* pv. *euvesicatoria* causing bacterial leaf spot in chilli pepper (*Capsicum* sp.) in Indonesia. **New Disease Reports**, v. 48, n. 1, 2023.

UTAMI, D.; MEALE, S. J.; YOUNG, A. J. A Pan-Global Study of Bacterial Leaf Spot of Chilli Caused by *Xanthomonas* spp. **Plants**, v. 11, n. 2291, 2022.

WAHYUNI, Y.; BALLESTER, A-R.; SUDARMONOWATI, E.; BINO, R. J.; BOVY, A. G. Metabolite biodiversity in pepper (*Capsicum*) fruits of thirty-two diverse accessions: Variation in health-related compounds and implications for breeding. **Phytochemistry**, v. 72, 2013.

WANG, D.; BOSLAND, P. W. The genes of *Capsicum*. **HortScience**, v. 41, n. 5, 2006.

YU, L.; LAN, G.; YANG, Y.; TANG, Y.; LI, Z.; SHE, X.; HE, Z. First report of anthracnose caused by *Colletotrichum fruticola* on *Brassica parachinensis* in China. **Crop Protection**, v. 54, 2022.

ZERBINI JR, F. M.; CARVALHO, M. G.; MACIEL-ZAMBOLIM, E. **Introdução à virologia vegetal**. Viçosa: UFV, 2002.

ZHANG, D.; SUN, X.; BATTINO, M.; WEI, X.; SHI, J.; ZHAO, L.; LIU, S.; XIAO, J.; SHI, B.; ZOU, X. A comparative overview on chili pepper (*capsicum* genus) and sichuan pepper (*zanthoxylum* genus): From pungent spices to pharma-foods. **Trends in Food Science & Technology**, v. 118, 2021.

ZHAO, Y.; LIU, Y.; ZHANG, Z.; CAO, Y.; YU, H.; MA, W.; WANG, L. Fine mapping of the major anthracnose resistance QTL AnR GO 5 in *Capsicum chinense* 'PBC932'. **BMC Plant Biology**, v. 20, n. 1, 2020.