

CIRCULAR TÉCNICA

173

Novas doenças de hortaliças causadas por espécies de *Phytophthora* no Brasil

Ailton Reis
Maria Esther de Noronha Fonseca
Fabiana Helena Silva Ribeiro Martins
Leonardo Silva Boiteux

Brasília, DF
Janeiro, 2021



OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

2 FOME ZERO E AGRICULTURA SUSTENTÁVEL



Novas doenças de hortaliças causadas por espécies de *Phytophthora* no Brasil

Introdução

O gênero *Phytophthora* é composto por várias espécies de oomicetos (= pseudofungos) capazes de induzir severas perdas de produção e de qualidade em diversas hortaliças de importância econômica, pertencentes a diferentes famílias botânicas (Erwin & Ribeiro, 1996). *Phytophthora capsici* Leonian (Leonian, 1922) e *P. nicotianae* Br. de Haan (= *P. parasitica* Dastur) (Ashby, 1928; Hall, 1993) são os agentes causais de podridões de raízes, colo e frutos, estando distribuídas por muitas áreas de produção de hortaliças do mundo (Erwin; Ribeiro, 1996; Shan et al., 2004). A extensa gama de hospedeiras desses dois patógenos é um dos fatores que torna extremamente difícil o estabelecimento de estratégias de controle eficazes e duradouras (Erwing; Ribeiro, 1996; Granke et al., 2011; Hausbeck; Lamour, 2004; Ristaino; Johnston, 1999; Shan et al., 2004; Reis et al., 2018).

Em especial, muitas culturas pertencentes às famílias botânicas Solanaceae e Cucurbitaceae podem ser severamente afetadas por *P. capsici* (Erwin ; Ribeiro, 1996; Hausbeck ; Lamour, 2004; Reis et al., 2007; Lamour et al., 2012; Quesada-Ocampo et al., 2009, Reis et al., 2018b). A gama de hospedeiras de *P. capsici* também abrange outras famílias botânicas (Reis et al., 2018b; Farr; Rosmman, 2019; Mendes ; Urben, 2019), tais como Fabaceae (Erwin ; Ribeiro, 1996; Hausbeck ; Lamour, 2004; Petry et al., 2017) e Rosaceae (Erwin ; Ribeiro, 1996; Barboza et al., 2017). Entretanto, em relação às hortaliças,

¹ Engenheiro Agrônomo, Doutor em Fitopatologia, pesquisador da Embrapa Hortaliças, Brasília, DF.

² Engenheira Agrônoma, Doutora em Genética e Melhoramento de Plantas, pesquisadora da Embrapa Hortaliças, Brasília, DF.

³ Engenheira Agrônoma, analista da Embrapa Hortaliças, Brasília-DF.

⁴ Engenheiro Agrônomo, Doutor em Genética e Melhoramento de Plantas, pesquisador da Embrapa Hortaliças, Brasília, DF.

prejuízos econômicos causados pelo ataque do oomiceto *P. capsici* têm sido observados principalmente em pimentão (*Capsicum annuum*), pimentas (*Capsicum* spp.), abobrinha de moita (*Cucurbita pepo*), morangas (*C. maxima*) e abóboras (*C. moschata*).

Phytophthora nicotianae é outra espécie de oomiceto altamente polífaga (Škalamera *et al.*, 2004; Shan *et al.*, 2004). No Brasil, é a espécie mais prevalente e disseminada dentro do gênero *Phytophthora*, sendo relatada em 34 espécies hospedeiras de 22 famílias botânicas, nas cinco regiões geográficas do país (Mendes; Urben, 2019; Santos *et al.*, 2014). Esse patógeno tem sido relatado causando podridões de raiz, colo e frutos em diversas hortaliças no Brasil, incluindo salsa, morango, jiló, berinjela e tomate (Lopes *et al.*, 2005; Luz *et al.*, 2005; Laureano & Reis, 2006; Mendes; Urben, 2016; Petry *et al.*, 2017b; Reis *et al.*, 2018a).

Um conhecimento preciso sobre a etiologia, gama de hospedeiras e distribuição geográfica de fitopatógenos é muito importante para a elucidação de componentes epidemiológicos das doenças de plantas, auxiliando na tomada de decisão em relação às medidas de controle mais adequadas e eficazes.

A presente Circular Técnica tem como objetivo descrever aspectos de interesse para identificação e para o manejo de novas doenças bem como daquelas pouco conhecidas e/ou emergentes causadas pelas espécies *P. capsici* e *P. nicotianae* em hortaliças no Brasil.

Descrição dos sintomas

Solanáceas

Podridão olho de veado dos frutos do tomateiro (*Phytophthora* spp.) – Essa doença é provocada por diferentes espécies de *Phytophthora* habitantes do solo, principalmente por *P. nicotianae* e *P. capsici*. Ocorre com mais frequência em tomate rasteiro, onde os frutos são mais sujeitos ao contato direto com o solo. Em levantamentos conduzidos na Embrapa Hortaliças (dados não publicados), constatamos que no Brasil, em mais de 80% dos casos, o agente causal é a espécie *P. nicotianae*. Frutos infectados

desenvolvem uma podridão firme, com grandes anéis concêntricos de tonalidades clara e escura de marrom. Os anéis se formam a partir do ponto de infecção, normalmente na parte em contato com o solo, onde ficam partículas aderidas (Figura 1a). Em condições de alta umidade relativa, pode ser formado um mofo branco, correspondendo a estruturas do patógeno, sobre os frutos (Figura 1b).

Foto: Carlos A. Lopes

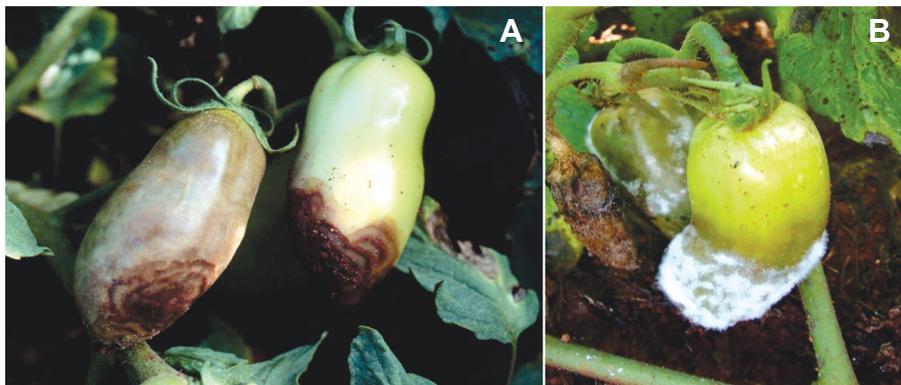


Foto: Ailton Reis

Figura 1. Sintomas de podridão de fruto em tomate causada por *Phytophthora nicotianae* (A) e produção de micélio branco cotonoso sobre a área lesionada (B).

Tombamento de mudas de tomateiro (*Phytophthora nicotianae* e *P. capsici*) – *Phytophthora nicotianae* e *P. capsici* podem também fazer parte do complexo de patógenos de solo que causam tombamento de mudas, em pré e pós-emergência, e podridão de raiz em tomateiro. No tombamento de pré-emergência há o apodrecimento da planta recém germinada, antes mesmo da emergência. O tombamento é mais conhecido, entretanto, pelo ataque em plantas recém emergidas, onde causa o seu tombamento pelo apodrecimento da base do caule (Figura 2).

Podridão algodão da berinjela (*P. capsici* e *P. nicotianae*) – Os sintomas nos frutos iniciam como pequenas manchas circulares concêntricas, que evoluem para a podridão de coloração marrom que pode exibir um micélio branco cotonoso, sob condições de alta umidade relativa (Figura 3). Em seguida, os frutos se deterioram muito rapidamente. A podridão de fruto pode ocorrer tanto na fase de pré-colheita quanto em pós-colheita.

Foto: Ailton Reis



Figura 2. Podridão de colo provocando tombamento em muda de tomate, tendo por agente etiológico *Phytophthora capsici*.

Foto: Ailton Reis



Figura 3. Podridão algodão em berinjela, causada por *Phytophthora nicotianae*.

Podridão de fruto em jiloeiro (*P. capsici* e *P. nicotianae*) – Os sintomas iniciam com pequenas manchas de coloração marrom, que expandem rapidamente, e que também podem exibir um micélio branco cotonoso, sob condições de alta umidade relativa, levando os frutos a uma rápida deterioração (Figura 4). Essa podridão de fruto também pode ocorrer em pré-colheita ou pós-colheita.



Figura 4. Podridão em jiló, causada por *Phytophthora nicotianae*.

Morangueiro

Podridão de *P. capsici* – Frutos atacados, inicialmente apresentam uma podridão caracterizada por uma descoloração dos tecidos. Essa podridão evolui rapidamente e, com o tempo, a região afetada é coberta por um crescimento (mofo) branco cotonoso, constituído de micélio e estruturas reprodutivas do patógeno (Figura 5a). O primeiro registro dessa doença em nível mundial foi feito a partir de sua ocorrência em áreas produtoras no Distrito Federal (Barboza *et al.*, 2017).

Podridão de *P. nicotianae* – Os sintomas da podridão por *P. nicotianae* (Figura 5b) se assemelham muito com os da podridão de *P. capsici*, sendo impossível distingui-los sem o isolamento do patógeno em cultura pura e observação das estruturas do patógeno em microscópio.

Fotos: Ailton Reis

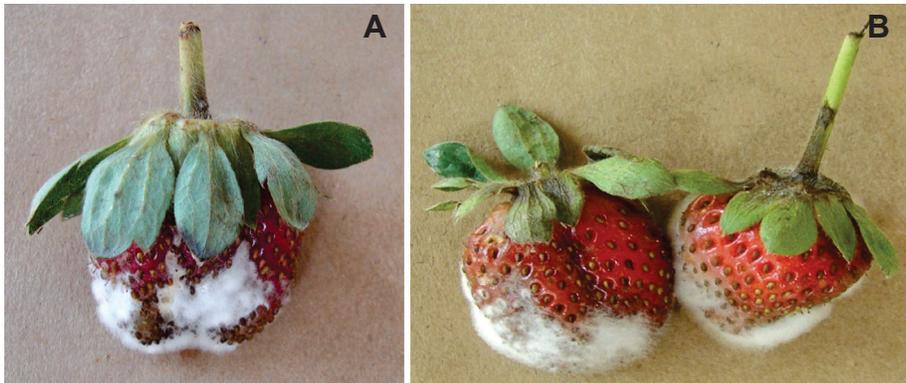


Figura 5. Podridão em fruto de morango, causada por (A) *Phytophthora capsici* e (B) *P. nicotianae*.

Feijão de vagem

Podridão de *Phytophthora capsici* – A podridão em vagens, causada por *P. capsici*, tem início com uma descoloração dos tecidos e pode progredir para uma podridão coberta por crescimento branco do oomiceto (Figura 6). Eventualmente, o oomiceto pode infectar caules tenros e folhas da planta, causando podridão e queima foliar, respectivamente. O primeiro relato dessa doença nas condições brasileiras foi feito recentemente em condições de campo aberto no Distrito Federal (Petry et al., 2017a).

Salsa

Podridão de *Phytophthora nicotianae* – A podridão ocorre principalmente nas raízes e colo, levando a planta a murchar e morte (Figuras 7a e b), sintoma que pode ser confundido com o de outros patógenos de solo. Se o patógeno infectar plantas jovens, pode causar tombamento de mudas.

Fotos: Ailton Reis



Figura 6. Podridão em feijão-vagem, causada por *Phytophthora capsici*.



Fotos: Aliton Reis

Figura 7. Sintomas causados por *Phytophthora nicotianae* em salsa. (A) murcha e (B) podridão de raiz.

Pesquisas realizadas na Embrapa Hortaliças

Com a finalidade de elucidar a etiologia das doenças observadas por esse gênero de oomiceto, frequentemente encontradas em lavouras e na clínica fitopatológica da Embrapa Hortaliças, foi estabelecida uma coleção de isolados representativa de espécies de *Phytophthora* que foram coletados em campos comerciais de diferentes hortaliças, principalmente no Distrito Federal e em Goiás (Tabela 1). Esses isolados, mantidos na coleção de fungos e oomicetos fitopatogênicos da Embrapa Hortaliças, foram identificados quanto à espécie, grupo de compatibilidade sexual e testes de patogenicidade.

Identificação dos isolado

Teste de compatibilidade sexual – Isolados apresentando colônias e estruturas assexuais típicas do gênero *Phytophthora* foram avaliados quanto ao grupo de compatibilidade sexual com isolados padrões A1 e A2 das espécies *P. capsici* e *P. nicotianae*. A análise mais ampla incluiu estas duas espécies porque são as mais comuns em hortaliças no Brasil (Mendes; Urben, 2019). Os isolados foram pareados com os padrões em placas de Petri contendo suco V8 clarificado. Tiras de micélio (8mm de largura por 3cm de comprimento) dos isolados padrões foram depositadas sobre o meio de cultura a 7cm uma da outra. Em seguida, uma outra tira de micélio do isolado a ser testado foi colocada no centro da placa, equidistantemente dos isolados padrões. As placas foram mantidas em incubadora BOD a 25°C no escuro. Após dez dias de incubação as placas foram observadas sob microscópio

Tabela 1. Subgrupos de isolados de *Phytophthora* obtidos de amostras de hortaliças e caracterizados na Embrapa Hortaliças, mais isolados referências descritos no GenBank (mantenedor).

Isolado	Espécie	Hospedeira	Local de coleta	Ano
PCa-40	<i>P. capsici</i>	Abóbora	Uberaba–MG	2006
PCp-109	<i>P. capsici</i>	Pimenta	Morrinhos–GO	2006
Pmo-06	<i>P. capsici</i>	Morango	Brazlândia–DF	2009
Pmo-07	<i>P. capsici</i>	Morango	Brazlândia–DF	2009
PCva-01	<i>P. capsici</i>	Feijão-vagem	Brazlândia–DF	2006
PCva-02	<i>P. capsici</i>	Feijão-vagem	Brazlândia–DF	2006
Pmo-04	<i>P. nicotianae</i>	Morango	Brazlândia–DF	2009
Pmo-05	<i>P. nicotianae</i>	Morango	Brazlândia–DF	2009
PPT-38**	<i>P. nicotianae</i>	Tomate	Gama–DF	2002
PPbe-19**	<i>P. nicotianae</i>	Berinjela	Gama–DF	2004
PPji-24	<i>P. nicotianae</i>	Jiló	Abadiânia–GO	2004
PPsal-04	<i>P. nicotianae</i>	Salsa	Quirinópolis–GO	2004
CBS128.23	<i>P. capsici</i>	Capsicum	Estados Unidos (EUA)	NA
WPC3605	<i>P. capsici</i>	Capsicum	EUA (isolado tipo)	NA
WPC6303	<i>P. nicotianae</i>	Orquídea	Indonésia	1989
WPC15938	<i>P. infestans</i>	Batata	Reino Unido	2006
WPC10116	<i>P. nicotianae</i>	<i>Metrosideros excelsa</i>	EUA	2002

*Número de acesso no “*Phytophthora* database”

**Isolados de *P. nicotianae* testadores de grupo de compatibilidade sexual.

esterioscópico procurando-se observar a presença de oosporos na região de encontro dos isolado teste com os padrões. Isolados que produzirem oosporos no encontro com o padrão A1, e não produziram oósporos no encontro com o A2, são classificados como sendo do grupo A2. Isolados que produziram oósporos no encontro com o padrão A2 e não o fizeram com o padrão A1, foram considerados do grupo A1.

Identificação morfológica – Foram observadas as características morfológicas e morfométricas dos isolados de acordo com os trabalhos de Erwin e Ribeiro (1996) e Waterhouse (1963). Para a caracterização morfológica foram medidos o comprimento e a largura de 30 esporângios de cada isolado, com o uso de microscópio estereoscópico. Em adição, foi também medido, da mesma maneira, o diâmetro de 30 oogônios de cada isolado.

Identificação molecular e análise filogenética – A identificação morfológica dos isolados foi complementada com o sequenciamento da região ITS (*Internal Transcribed Spacer*) do DNA ribossômico (rDNA) 18S–26S nuclear de acordo com Bowers *et al.* (2007). O DNA foi extraído usando uma modificação do método CTAB (Boiteux *et al.*, 1999), a partir de micélio obtido de colônias cultivadas em meio V8 mais ágar por sete dias. Para o sequenciamento, o DNA genômico dos isolados foi amplificado, via PCR (*Polymerase Chain Reaction*), utilizando os iniciadores universais **ITS-1** (5'-TCC-GTA-GGT-GAA-CCT-GCG-G-3') e **ITS-4** (5'-TCC-TCC-GCT-TAT-TGA-TAT-GC-3'), conforme descrito em White *et al.* (1990). Com as sequências obtidas foi realizada uma análise filogenética de alguns isolados, comparando as sequências obtidas com as sequências de isolados referência, depositados na base de dados de *Phytophthora* (<http://phytophthora.ucr.edu>) e no GenBank (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>). Sequências de outros isolados, pelo menos dois de cada hospedeira, foram apenas comparadas quanto à similaridade com sequências de isolados do GenBank e da base de dados de *Phytophthora* através da ferramenta “Blast”.

Testes de patogenicidade – Os testes de patogenicidade foram feitos em etapas, pois a coleção de isolados foi montada aos poucos. Testes de patogenicidade de alguns isolados de tomate, berinjela e jiló foram conduzidos em frutos das próprias hospedeiras. O teste de patogenicidade dos isolados de feijão vagem foi feito pela inoculação dos isolados em vagens de feijão-vagem e de caupi, bem como em frutos de tomate (cv. Santa Clara), pimentão (cv. Yolo Wonder) e pepino (cv. Caipira). A patogenicidade dos isolados de morango foi avaliada em frutos de morango (cv. Oso Grande), tomate (cv. Dominador) e pimentão (cv. Yolo Wonder). Os isolados de salsa foram inoculados apenas em mudas de salsa (cv. Portuguesa).

Resultados obtidos

Identificação morfológica – Todos os isolados analisados apresentaram micélio branco com crescimento rasteiro (típico de isolados de *P. capsici*) ou aéreo (típico de isolados de *P. nicotianae*) em meio V8 ágar. Exames microscópicos mostraram que todos os isolados possuíam hifas cenocíticas (= desprovidas de septos). Os isolados assim identificados como *P. capsici* apresentaram esporângios papilados, piriformes com pedicelos longos (Figura 8A) e clamidósporos não foram encontrados. As medidas de

esporângios e oogônios dos isolados identificados como *P. capsici* estão apresentadas na Tabela 2 e estão dentro dos intervalos descritos para essa espécie (Waterhouse, 1963; Erwin; Ribeiro, 1996). Os isolados identificados como *P. nicotianae* apresentaram esporângios papilados ovoides a esféricos com pedicelos curtos (Figura 8C) e clamidósporos esféricos terminais e intercalares. As medidas dos esporângios, oogônios e clamidósporos também se encontraram dentro dos intervalos descritos para esta espécie (Erwing; Ribeiro, 1996). Os oósporos de isolados de ambas as espécies eram pleróticos e os anterídios anfígenos (Figuras 8B e D), conforme descrito nas chaves taxonômicas para estas espécies. Foram encontrados isolados dos grupos de compatibilidade A1 e A2 para as duas espécies, só que

Foto: Allton Reis

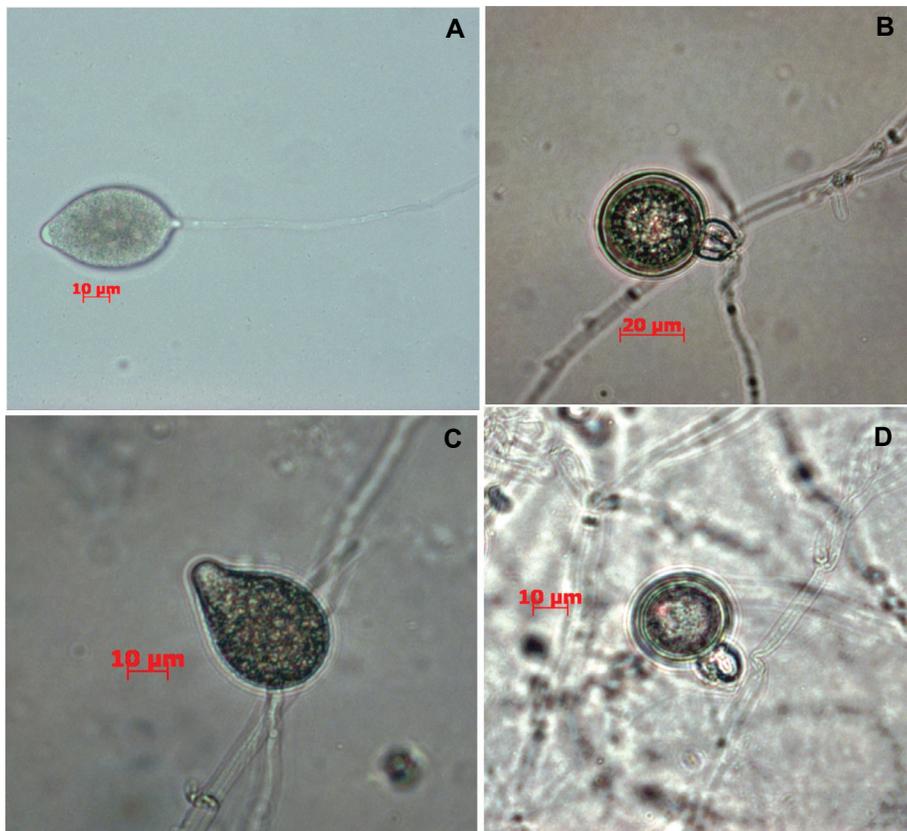


Figure 8. Estrutura reprodutiva assexul (esporângio = es) e sexuais (anterídio = ant e oogonio = oo) de *Phytophthora capsici* (isolado PCVa-01 obtido de feijão-vagem = a–b) e *P. nicotianae* (isolado PMo-04 obtido de fruto de morango = c–d).

Tabela 2. Características morfológicas de isolados de *Phytophthora* caracterizados na Embrapa Hortaliças, em comparação com as características morfológicas de isolados referências de *P. capsici* e *P. nicotianae* descritos em Erwin & Ribeiro (1996).

Isolado	Espécie	Grupo	Esporângio (µm)	Oogônio (µm)	Clamidósporos (µm)
PCa-40	<i>P. capsici</i>	A1	49.0 × 30.7	28.7	-
PCp-109	<i>P. capsici</i>	A2	54.8 × 33.5	30.2	-
Pmo-06	<i>P. capsici</i>	A1	52.7 × 32.6	31.1	-
Pmo-07	<i>P. capsici</i>	A1	49.9 × 30.4	30.8	-
PCva-01	<i>P. capsici</i>	A1	46.8 × 29.2	37.6	-
PCva-02	<i>P. capsici</i>	A1	48.9 × 31.4	37.2	-
Pmo-04	<i>P. nicotianae</i>	A2	48.3 × 30.4	30.4	31.1
Pmo-05	<i>P. nicotianae</i>	A2	38.6 × 29.2	29.8	29.6
PPT-38'	<i>P. nicotianae</i>	A1	44,4 × 31,2	32,1	28,8
PPbe-19'	<i>P. nicotianae</i>	A2	43,3 × 30,6	31,8	29,2
PPji-24	<i>P. nicotianae</i>	A2	44,6 × 31,1	33,2	32,0
PPsal-04	<i>P. nicotianae</i>	A2	40,7 × 30,2	31,5	30,7
Erwin & Ribeiro	<i>P. capsici</i>	-	35–105 × 21–56 (60 × 36)	25.1–32.6 (29.1)	-
Erwin & Ribeiro	<i>P. nicotianae</i>	-	40.18 × 28.53	15–64 (26.8)	13–60 (28)

*Isolados de *Phytophthora nicotianae* testadores de grupo de compatibilidade (= mating type testers).

nunca provenientes da mesma lavoura, indicando que não está ocorrendo reprodução sexuada destes oomicetos em lavouras de hortaliças no Brasil.

Identificação molecular e análise filogenética – Os isolados identificados morfológicamente como *P. capsici* apresentaram alta similaridade de sequências da região ITS (98 a 100%) com isolados desta espécie depositados no GenBank. Os isolados de *P. capsici* incluídos na análise filogenética agruparam-se com isolados de referência dessa espécie com alto suporte de “bootstrap”. Do mesmo modo, os isolados identificado morfológicamente como *P. nicotianae* apresentaram alta similaridade de sequências e agruparam-se com isolados de referência dessa espécie, com alto suporte de “bootstrap” (Figura 9). Assim foi observada uma alta concordância entre os dados morfológicos e moleculares, reforçando a identificação de ambas as espécies como agentes de doenças em hortaliças na região central do Brasil.

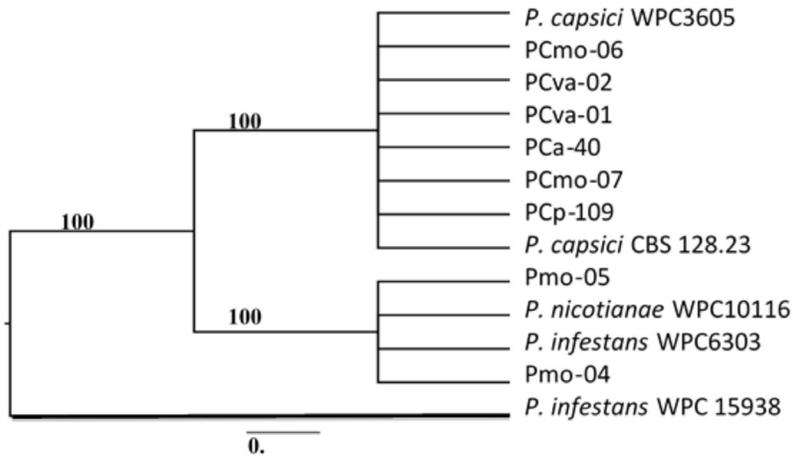


Figura 9. Análise filogenética (*Maximum Likelihood-Based Phylogenetic Analysis*) ilustrando as relações genéticas entre isolados de espécies de *Phytophthora* de acordo com os níveis de identidade dos nucleotídeos para um segmento da região ITS (*Internal Transcribed Sequence*) do rRNA nuclear. Os números nas proximidades dos nós dos ramos da árvore representam os valores de suporte de *bootstrap*. Os isolados incluídos nessa análise foram: **PCa-40** (*P. capsici* de abóbora / Uberaba–MG); **PCp-109** (*P. capsici* de pimenta / Brazlândia–DF); **Pmo-06** (*P. capsici* de morango / Brazlândia–DF); **Pmo-07** (*P. capsici* de morango / Brazlândia–DF); **PCva-01** (*P. capsici* de feijão vagem / Brazlândia–DF); **PCva-02** (*P. capsici* de feijão vagem / Brazlândia–DF); **Pmo-04** (*P. nicotianae* de morango / Brazlândia–DF); **Pmo-05** (*P. nicotianae* de morango / Brazlândia–DF); **PPt-38** (*P. nicotianae* de tomate / Gama–DF); **PPbe-19** (*P. nicotianae* de berinjela / Gama–DF); **CBS128.23** (*P. capsici* de *Capsicum annuum*, EUA); **WPC3605** [*P. capsici* de *Capsicum annuum* / EUA (= espécie tipo)]; **WPC6303** (*P. nicotianae* de orquídea / Indonésia); **WPC10116** (*P. nicotianae* de *Metrosideros excelsa* (Myrtaceae) / EUA) and **WPC15938** (*P. infestans* de batata / Reino Unido, usado como out-group).

Testes de patogenicidade – Os dois isolados de *P. capsici* obtidos de feijão-vagem causaram podridão de vagens em feijão vagem bem como nos frutos inoculados de tomate (cv. Santa Clara), pimentão (cv. Yolo Wonder) e pepino (cv. Caipira). Os outros isolados de *P. capsici* ou *P. nicotianae* também foram capazes de infectar e causar podridões de frutos, quando inoculados em suas hospedeiras originais. Todos os isolados de *Phytophthora* spp. foram reisolados dos frutos ou das plantas inoculadas, confirmando serem os agentes causais das doenças em estudo.

Estratégias de manejo e controle

A prevenção das doenças causadas por *P. capsici* e *P. nicotianae* tem sido a medida de controle mais importante, evitando-se o plantio sucessivo de espécies suscetíveis na mesma área. A redução da população desses patógenos do solo pode ser obtida por meio da solarização, indicada principalmente para cultivos protegidos e pequenas áreas. A rotação de culturas, evitando-se o cultivo de plantas suscetíveis por mais de dois anos na mesma área, também pode reduzir consideravelmente a incidência desses oomicetos. Como medidas genéricas de controle, deve-se evitar o excesso de adubação nitrogenada; evitar o encharcamento do solo, favorecendo a drenagem do terreno antes da semeadura e a redução ao mínimo das irrigações, que devem ser feitas no período da manhã, para que o excedente de água possa infiltrar no solo ou evaporar durante as horas mais quentes do dia. Outras estratégias incluem evitar plantios em épocas em que a colheita coincida com período chuvoso e utilizar cultivares de porte mais ereto, que permitam melhor ventilação do solo. Genótipos com resistência a *P. capsici* foram identificados em tomateiro (Reis *et al.*, 2018b) e em pimentão (Reifschneider *et al.*, 1992), tendo potencial para emprego como porta-enxertos ou como fontes de genes para incorporação em cultivares comerciais dessas duas hortaliças.

Referências

- ASHBY, S. F. The oospores of *Phytophthora nicotianae* Br. de Haan, with notes on the taxonomy of *P. parasitica* Dastur. **Transactions of the British Mycological Society**, v. 13, n. 1, p. 86-95, 1928. DOI: 10.1016/S0007-1536(28)80007-6.
- BARBOZA, E.A.; FONSECA, M.E.N.; BOITEUX, L.S.; REIS, A. First worldwide report of a strawberry fruit rot disease caused by *Phytophthora capsici* isolates. **Plant Disease**, v.101, n.1, p. 259, Jan. 2017. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1059735>. Acesso em: 06 jul. 2020.
- BOITEUX, L.S.; FONSECA, M.E.N.; SIMON, P. W. Effects of plant tissue and DN purification method on randomly amplified polymorphic DNA-based genetic fingerprinting analysis in carrot **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.124, n1, p.32-36, 1999.
- BOWERS, J.H.; MARTIN, F.N.; TOOLEY, P.W.; LUZ, E.D.M.N. Genetic and morphological diversity of temperate and tropical isolates of *Phytophthora capsici*. **Phytopathology**, 97 n. 4, p. 492-503, Apr. 2007. DOI: <https://doi.org/10.1094/PHYTO-97-4-0492>

ERWIN, D. C.; RIBEIRO, O. K. *Phytophthora* diseases worldwide. **Plant Pathology**, v. 47, n. 2, p. 224-225, Apr. 1996. DOI: <https://doi-org.ez103.periodicos.capes.gov.br/10.1046/j.1365-3059.1998.0179a.x>

FARR, D. F.; ROSSMAN, A.Y. **Fungal Databases, U.S. National Fungus Collections, ARS, USDA**. Disponível em: <https://nt.ars-grin.gov/fungaldatabases/>. Acesso em: 10 out. 2019.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 2. ed. Viçosa-MG: UFV, 2003.

GRANKE, L. L.; QUESADA-OCAMPO, L, HAUSBECK, M. K. Variation in phenotypic characteristics of *Phytophthora capsici* isolates from a worldwide collection. **Plant Disease**, v. 95, p. 1080-1088, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1094/PDIS-03-11-0190>

HAUSBECK, M. K.; LAMOUR, K. H. *Phytophthora capsici* on vegetable crops: Research progress and management challenges. **Plant Disease**, v. 88, n. 12, p. 1292-1303, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1094/PDIS.2004.88.12.1292>

LAMOUR, K. H.; STAM, R.; JUPE, J.; RUITEMA, E. The oomycete broad-host-range pathogen *Phytophthora capsici*. **Molecular Plant Pathology** v. 13, p. 329-337, 2012. DOI: 10.1111/j.1364-3703.2011.00754.x

LAUREANO, I. B.; REIS, A. **Caracterização de isolados de *Phytophthora nicotianae* obtidos de tomate, berinjela e jiló**. Brasília-DF: Embrapa Hortaliças, 2006. (Embrapa Hortaliças. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 20). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/780292>. Acesso em: 06 jul. 2020.

LEONIAN, L. H. Stem and fruit blight of pepper caused by *Phytophthora capsici* sp. nov. **Phytopathology**, v. 12, p. 401–408, 1922.

LOPES, C.A.; REIS, A.; BOITEUX, L.S. Doenças fúngicas. In: LOPES, C.A.; ÁVILA, A.C. (orgs.). **Doenças do tomateiro**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2005. p. 19–51. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/778171>. Acesso em: 06 jul. 2020.

LUZ, E. D. M.; COSTA, H.; PAIM, M. C. A.; SOUZA, J. T. de; VENTURA, J. A. *Phytophthora idaei* e *P. nicotianae* diagnosticadas em morangueiro no Espírito Santo. **Fitopatologia Brasileira**, v. 30, p. S71, ago. 2005. Suplemento. Resumo apresentado no 38. Congresso Brasileiro de Fitopatologia.

MENDES, M. A. S.; URBEN, A. F. **Fungos relatados em plantas no Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2019. Disponível em: <http://pragawall.cenargen.embrapa.br/aiqweb/michtml/fgbanco01.asp>. Acesso em: 10 out. 2019.

PETRY, R.; FONSECA, M.E.N.; BOITEUX, L.S. REIS, A. First report of *Phytophthora capsici* as causal agent of snap-bean (*Phaseolus vulgaris*) pod decay in Brazil. **Plant Disease**, v. 101, p. 1059, 2017a.

- PETRY, R.; PAZ-LIMA, M. L.; BOITEUX, L. S.; CAFÉ-FILHO, A. C.; REIS, A. Reaction of *Solanum* (section *Lycopersicon*) germplasm to *Phytophthora capsici*. **European Journal of Plant Pathology** v. 148, p. 481–489, 2017b.
- QUESADA-OCAMPO, L. M.; FULBRIGHT, D. W.; HAUSBECK, M. K. Susceptibility of fraser fir to *Phytophthora capsici*. **Plant Disease**, v. 93, p. 135-141, 2009.
- REIFSCHNEIDER, F. J. B.; CAFÉ-FILHO, A. C.; REGO, A. M. Factors affecting expression of resistance in pepper (*Capsicum annuum*) to blight caused by *Phytophthora capsici* in screening trials. **Plant Pathology**, v. 35, p. 451-456, 1986.
- REIFSCHNEIDER, F. J. B.; BOITEUX, L. S.; DELLA-VECCHIA, P. T.; POULOS, J. M.; KURODA, N. Inheritance of adult-plant resistance to *Phytophthora capsici* in pepper. **Euphytica**, v. 62, p. 45-49, 1992.
- REIS, A.; LOPES, C. A.; HENZ, G. P. **Principais doenças da salsa no Brasil**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2018. (Embrapa Hortaliças. Circular técnica, 165). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1106556> Acesso em: 06 jul. 2020.
- REIS, A.; PAZ-LIMA, M. L.; MOITA, A. W.; AGUIAR, F. M.; FONSECA, M. E. N.; CAFÉ-FILHO, A. C.; BOITEUX, L. S. A reappraisal of the natural and experimental host range of Neotropical *Phytophthora capsici* isolates from Solanaceae, Cucurbitaceae, Rosaceae, and Fabaceae. **Journal of Plant Pathology**, v. 100, p. 215-223, 2018.
- REIS, A. ***Phytophthora capsici*: patógeno agressivo e comum às solanáceas e cucurbitáceas**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2007. (Embrapa Hortaliças. Circular Técnica, 55). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/767922>. Acesso em: 06 jul. 2020.
- RISTAINO, J. B.; JOHNSTON, S. A. Ecologically based approaches to management of *Phytophthora* blight on bell pepper. **Plant Disease**, v. 83, p. 1080-1089, 1999.
- SHAN, W.; MARSHALL, J. S.; HARDHAM, A. R. Gene expression in germinated cysts of *Phytophthora nicotianae*. **Molecular Plant Pathology**, v. 5, p. 317-330, 2004.
- ŠKALAMERA, D. WASSON, A. P.; HARDHAM, A. R. Genes expressed in zoospores of *Phytophthora nicotianae*. **Molecular and General Genomics**, v. 270, p. 549-557, 2004.
- WATERHOUSE, G. M. Key to the species of *Phytophthora* de Bary. **Mycological Papers**, v. 92, p. 22, 1963.
- WHITE, T. J.; BRUNS, T. LEE, S.; TAYLOR, J. W. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. In: INNIS, M. A; GELFAND, D. H.; SNINSKY, J. J.; WHITE, T. J. (ed.). **PCR Protocols: a guide to methods and applications**. New York: Academic Press, 1990. p. 315-322.
- ZITTER, T. A.; HOPKINS, D.L.; THOMAS, C. E. **Compendium of cucurbit diseases**. APS Press, 1996.

Exemplares desta publicação
podem ser adquiridos na:

Embrapa Hortaliças

Rodovia BR-060,
trecho Brasília-Anápolis, km 9
Caixa Postal 218
Brasília-DF
CEP 70.351-970
Fone: (61) 3385.9000
Fax: (61) 3556.5744
www.embrapa.br/fale-conosco/sac
www.embrapa.br

1ª edição
Distribuição digital



MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



Comitê Local de Publicações
da Embrapa Hortaliças

Presidente

Henrique Martins Gianvecchio Carvalho

Editora Técnica

Flávia M. V. T. Clemente

Secretária

Clidineia Inez do Nascimento

Membros

Geovani Bernardo Amaro

Lucimeire Pilon

Raphael Augusto de Castro e Melo

Carlos Alberto Lopes

Marçal Henrique Amici Jorge

Alexandre Augusto de Moraes

Giovani Olegário da Silva

Francisco Herbeth Costa dos Santos

Caroline Jácome Costa

Iriani Rodrigues Maldonade

Francisco Vilela Resende

Italo Moraes Rocha Guedes

Normalização Bibliográfica

Antonia Veras de Souza

Tratamento de ilustrações

André L. Garcia

Projeto gráfico da coleção

Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica

André L. Garcia

Foto da capa

Ailton Reis