

SINTOMATOLOGIA, ETIOLOGIA E MANEJO DE DOENÇAS CAUSADAS POR FUNGOS E CHROMISTAS NA CULTURA DA BATATA

J.G. Tófoli, R.J. Domingues

Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, Instituto Biológico, Centro de Pesquisa de Sanidade Vegetal, Av. Cons. Rodrigues Alves, 1252, CEP 04014-900, São Paulo, SP, Brasil. E-mail: jesus.tofoli@sp.gov.br

Resumo

A batata é a solanácea de maior importância econômica no agronegócio mundial. A ocorrência de doenças causadas por fungos e chromistas (oomicetos e cercozoários) pode comprometer seriamente a cultura, o rendimento e a qualidade de tubérculos. Entre os danos causados destacam-se principalmente: falhas de germinação; tombamentos; manchas foliares; lesões em caules, murchas; podridões; manchas, má formação e apodrecimento de tubérculos; queda de vigor e morte de plantas nas diferentes fases de desenvolvimento da cultura. Entre as doenças de maior importância existentes no Brasil destacam-se: a Requeima (*Phytophthora infestans*); a Pinta preta (*Alternaria* spp.); a Rizoctoniose (*Rhizoctonia solani*); a Sarna prateada (*Helminthosporium solani*); a Murcha de Fusarium e Podridão seca (*Fusarium* spp.); o Mofo branco (*Sclerotinia sclerotiorum*); a Murcha de *Verticillium* (*Verticillium dahliae*); a Sarna pulverulenta (*Spongospora subterranea*); o Olho pardo (*Callonectria brassicae*) e a Podridão aquosa (*Globisporangium* spp., *Pythium aphanidermatum*). O conhecimento dos sintomas, etiologia, epidemiologia e medidas de controle é fundamental em sistemas integrados e orgânicos de produção que tenham por objetivo a manutenção de níveis adequados de produtividade, sustentabilidade, saudabilidade alimentar e bem-estar social. O presente artigo destaca principalmente os fundamentos e caracterização das principais doenças no Brasil e aborda estratégias de manejo envolvendo práticas culturais, controle genético, controle químico, controle biológico, produção sustentável entre outros temas.

PALAVRAS-CHAVE: *Solanum tuberosum* L., doenças de plantas, práticas culturais, fungicidas, controle genético, sistemas orgânicos, agricultura sustentável.

Abstract

Symptomatology, etiology and management of diseases caused by fungi and chromists in potato crops.

The potato is the most important economic solanacea in global agribusiness. The occurrence of diseases caused by fungi and chromist (oomycetes and cercozoans) can seriously compromise the culture, yield and quality of tubers. Among the damages caused by these pathosystems, the following stand out: germination failures; damping-off; leaf spots; wilt; tuber rots, blemishes, and malformations; decay and plant death in the most different stages of crop development. Among the most important diseases existing in the Brazil are: Late blight (*Phytophthora infestans*); Early blight (*Alternaria* spp.); Rhizoctonia stem canker and black scurf (*Rhizoctonia solani*); silver scab (*Helminthosporium solani*); Fusarium wilt and dry rot (*Fusarium* spp.); white mold (*Sclerotinia sclerotiorum*), Verticillium wilt (*Verticillium dahliae*); scab powdery (*Spongospora subterranea*), brow eye (*Callonectria brassicae*) and watery wound (*Globisporangium* spp.). The knowledge of symptoms, etiology and integrated control is fundamental in integrated and organic production systems that aim at adequate levels of productivity, sustainability, healthy food and social well-being. This article mainly highlights the fundamentals and characterization of the main diseases in Brazil and addresses management strategies involving cultural practices, genetic control, chemical control, biological control, sustainable production among other topics.

KEYWORDS: *Solanum tuberosum*, plant diseases, cultural practices, fungicides, genetic control, organic systems, sustainable agriculture.

Considerada o grande “tesouro enterrado” dos povos andinos, a batata (*Solanum tuberosum* L.) transformou hábitos, culturas e costumes graças a sua excelência como alimento, ampla adaptabilidade e alto potencial produtivo. Com mais de 5000 cultivares, é considerada a terceira cultura alimentar de maior importância econômica e social no agronegócio mundial. Atualmente é considerada a primeira *commodity*, não grão, pelos mercados de batata congelada, desidratada e batata-semente.

Rica em carboidratos, a batata é uma fonte importante de betacaroteno, fósforo, potássio, magnésio, cálcio, vitaminas A, C, complexo B (B1, B2, B6 e ácido fólico), proteínas de boa qualidade, ferro, piridoxina, fibra alimentar e sais alcalinos. Apresenta, ainda, alto valor biológico, baixo teor de lipídeos e ausência de colesterol que a torna um alimento completo, saudável e universal. Além dessas características, diversos estudos têm comprovado que a batata possui diversos fitoquímicos, biologicamente ativos, capazes de serem importantes promotores de saúde através de sua ação antioxidante, antiviral, anticancerígena, antidiabéticas e anti-LDL. Entre esses se destacam principalmente compostos como: ácidos fenólicos, tocoferóis, flavonóides, fitatos, folatos, antocianinas e diferentes carotenoides.

Devido a sua ampla versatilidade, a batata atende inúmeros mercados podendo ser encontrada desde o comércio *in natura* em feiras e supermercados

até os mais diferenciados como os de produtos orgânicos, “fast food”, pré-processados, produtos industrializados e alta gastronomia.

Os sistemas de produção integrada de batata são caracterizados pelo emprego de técnicas avançadas de produção como o uso de cultivares com alto potencial genético, adubação equilibrada, irrigação adequada e manejo de pragas e doenças, que tornam a atividade cada vez mais produtiva, competitiva e profissional. Os sistemas orgânicos, por sua vez, adotam técnicas ecológicas com objetivos voltados a obtenção de alimento saudável, desenvolvimento sustentável e preservação do meio ambiente. Independentemente do sistema adotado, a competitividade, a sustentabilidade e a saudabilidade da produção de batata têm sido o objetivo central de pesquisadores, técnicos, produtores, setores e mercados relacionados a cadeia produtiva da batata.

Na América do Sul, o Brasil se destaca como o segundo maior produtor de batata sendo superado apenas pelo Peru. Contabiliza-se que o país tenha uma área cultivada em cerca de 130 mil hectares, com uma produção anual aproximada de 3,8 milhões de toneladas, e um rendimento médio de 30 toneladas/ha. A produção nacional ocorre em três épocas de cultivo, denominadas safra das águas (colheita dezembro a março), da seca (colheita abril a julho) e de inverno (colheita agosto a novembro). O período de plantio dessas safras varia em função da região, porém estão sempre

concatenadas, sendo que cada região desenvolve pelo menos dois cultivos predominantes. Tal fato permite que o cultivo da batata ocorra praticamente o ano todo, o que aumenta de forma significativa os desafios fitossanitários da cultura. As principais cultivares plantadas atualmente são: Ágata (45%), Asterix (15%), Orquestra (13%), Cúpido (7%), Markies (6%), Atlântic (7%). Cada vez mais, cultivares nacionais (BRS Camila, Potira, BRS Ana, BRS Clara etc) tem despertado o interesse em várias regiões produtoras. Recentemente a APTA-SP lançou as cultivares IAC Granada, IAC Obelix e IAC Axel com bons níveis de resistência a doenças como a requeima e a pinta preta.

Considerada em tempos passados uma atividade de pequenos produtores, hoje a cadeia produtiva da batata apresenta características empresariais bem definidas, com avanços tecnológicos constantes e gerenciamento avançado de todo processo produtivo, industrial e comercial. Estima-se que o agronegócio da batata envolva mais de 1500 produtores, localizados em mais de 200 municípios das regiões Sul (Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul), Sudeste (Minas Gerais, São Paulo), Nordeste (Bahia) e Centro-oeste (Goiás). Atualmente as regiões Sudeste e Sul são responsáveis por mais de 90% da produção nacional. Avalia-se que nos últimos dez anos, o rendimento das lavouras tenha alcançado aumentos de até 30%. O mercado de batata no país é representado principalmente pelos

segmentos de batata fresca (65%) indústria de chips (15%), pré-fritas (12%) e batata semente (8%). Até 2006, a maior parte da batata congelada pré-frita consumida no Brasil era importada. A partir de então, processadoras nacionais passaram a coexistir com o produto importado, ampliando as perspectivas de crescimento de toda cadeia produtiva.

A batata

Originária da América Andina acredita-se que a batata era conhecida e consumida por civilizações pré-colombianas há mais de 8.000 anos. Introduzida na Europa pelos espanhóis no século XVI, suas seleções logo ganharam o mundo tornando-se um alimento básico em várias nações.

Quanto à sua origem existem evidências que seja nativa de duas áreas da América do Sul, onde biótipos silvestres existem até os dias atuais. A primeira envolve as terras altas entre o Norte da Argentina e a Venezuela (Grupo Andino - *Solanum tuberosum* spp. *andigena*) e outra que envolve as terras baixas do Centro-sul do Chile (Grupo Chileno - *Solanum tuberosum* spp. *tuberosum*). O Grupo Andino, representado por *S. tuberosum* spp. *andigena*, apresentou distribuição mundial até 1840, quando foi praticamente eliminado pela requeima causada pelo oomiceto *Phytophthora infestans*. O desaparecimento de *S. tuberosum* spp. *andigena* foi preenchido pela introdução mundial de *S. tuberosum* spp. *tuberosum* no final do século XIX.

A batata (*Solanum tuberosum* L.) pertence ao Dominio: Eukaryota, Reino: Plantae, sub-reino Viridaeplantae, Divisão Tracheophyta, Subdivisão Spermatophytina, Classe Magnoliopsida (dicotiledôneas), Sub-classe Asteridae, Ordem Solanales. Trata-se de planta dicotiledônea, herbácea anual, da família *Solanaceae*, gênero *Solanum*, o qual possui mais de 2.000 espécies, das quais pouco mais de 150 são produtoras de tubérculos, sendo cultivadas comercialmente cerca de 20 espécies (Figuras 1, 2 e 3). A planta de batata apresenta caules aéreos, herbáceos, clorofilados, angulosos, ramificados, em disposição ereta, aberta ou prostrada, formato (triangular, quadrangular e redondo) podendo alcançar até 60 cm de altura e coloração verde ou arroxeadada. As folhas são compostas por três ou mais pares de folíolos laterais, um folíolo terminal e alguns rudimentares ou terciários. Em função da cultivar, os folíolos podem diferir quanto ao formato, número, tamanho e coloração. As flores são pentâmeras, hermafroditas, apresentam-se reunidas em inflorescência no topo da planta e podem apresentar coloração branca, arroxeadada, azulada, avermelhada ou rosada (Figura 4). Os frutos podem ser verdes, amarelos ou violetas, do tipo baga biloculares (\varnothing de 2 a 3 cm), arredondados, cada um contendo de 200 a 300 sementes. As sementes são originadas de reprodução sexual, apresentam formato riniforme ou ovalachatado e coloração amarela a castanha.

Os frutos quase sempre são venenosos por conterem altas concentrações de solanina. O sistema radicular é delicado, superficial, com raízes concentradas nos primeiros 50 cm de profundidade. Além das hastes aéreas, as plantas de batata apresentam outros dois tipos de caule: os estólons que se desenvolvem horizontalmente e os tubérculos que se formam nas extremidades desses. Os tubérculos são caules adaptados para a reserva de carboidratos e nutrientes. Apresentam formatos que variam do arredondado ao alongado e tamanhos que podem se diferenciar em pequenos, médios e grandes. A coloração da película pode apresentar diferentes tons de marrom, amarelo, rosa ou roxo (azul). Na superfície dos tubérculos, observa-se a presença dos olhos formados pelas gemas e lenticelas. O número e distribuição de olhos pode variar de acordo com a cultivar. No interior dos tubérculos, verifica-se o córtex, o anel vascular, a medula externa e a medula interna, essa quase sempre mais clara, e interligada aos olhos. A coloração interna dos tubérculos pode ser amarela branca, creme, alaranjada (dourada) ou roxa.

Doenças causadas por fungos e chromistas

No Brasil, a cultura da batata é afetada por uma diversidade considerável de patógenos que inclui desde microrganismos relativamente primitivos como os oomicetos e cercozoários até os fungos propriamente ditos. Esses

podem ocorrer durante todas as fases de desenvolvimento da cultura no campo, no armazenamento, na indústria, nos supermercados e finalmente na casa do consumidor.

Os oomicetos e cercozoários pertencem ao Reino Chromista e estão intimamente relacionados às algas e aos protozoários, respectivamente. Entre as doenças causadas por oomicetos na cultura da batata destacam-se principalmente a Requeima (*Phytophthora infestans*) e a Podridão Aquosa (*Globisporangium* spp.), e a Sarna Pulverulenta causada pelo cercozoário *Spongospora pulverulenta*.

Os fungos, por sua vez, pertencem ao Reino Fungi e distinguem-se dos anteriores por possuírem a parede celular composta por quitina. Entre as principais doenças causadas por fungos destacam-se a Pinta Preta (*Alternaria* spp.), a Rizoctoniose (*Rhizoctonia solani*), a Murcha de Fusarium e a Podridão seca (*Fusarium* spp.), o Mofo branco (*Sclerotinia sclerotiorum*), a Sarna Prateada (*Helminthosporium solani*), o Olho pardo (*Calonectria brassicae*) e a Murcha de Verticillium (*Verticillium dahliae*).

Independentemente do agente causal, essas doenças podem reduzir de forma significativa o potencial produtivo, a qualidade de tubérculos e em algumas situações inviabilizar o cultivo comercial da batata. Entre os principais sintomas e danos destacam-se: as falhas de germinação; o tombamento

de plantas, as manchas foliares; as murchas; as podridões; a má formação e o apodrecimento de tubérculos; a queda de vigor e a morte de plantas. Em geral, essas doenças ocorrem ao longo de todo ciclo fenológico da cultura podendo comprometer a brotação, o desenvolvimento vegetativo, a formação e crescimento de tubérculos, o armazenamento e a pós-colheita (Quadro 1).

O conhecimento dos sintomas, etiologia, epidemiologia e práticas integradas de manejo é fundamental para a implementação de sistemas sustentáveis de produção que priorizem a produção de alimentos de qualidade, sem impactos negativos para o meio ambiente e para a qualidade de vida da população.

Entre as doenças causadas por fungos e chromistas de maior ocorrência e importância na bataticultura nacional destacam-se:

Doenças foliares

As doenças foliares da batata são caracterizadas por reduzir de forma precoce a área foliar das plantas comprometendo diretamente o desenvolvimento, a capacidade fotossintética e o potencial produtivo da cultura. Apesar de serem doenças amplamente observadas nos folíolos, essas podem afetar pecíolos, caules, estolões e tubérculos.

Entre os fatores que favorecem a ocorrência de epidemias severas de

doenças foliares destacam-se: o uso massivo de cultivares suscetíveis, a alta capacidade de esporulação e disseminação dos patógenos envolvidos, o plantio concatenado das diferentes safras permitindo o cultivo de batata praticamente o ano inteiro, desequilíbrios na nutrição das plantas, a presença de hospedeiros intermediários e equívocos na adoção de medidas de controle.

Requeima, mela

A requeima ou mela representa uma das mais importantes e destrutivas doenças da cultura da batata no Brasil e no mundo. Afeta drasticamente folhas, pecíolos, caules e tubérculos, podendo causar sérios prejuízos quando interagem fatores como cultivares suscetíveis, condições climáticas favoráveis e falhas no manejo.

Considerada uma doença de importância histórica, a requeima foi a responsável por causar a Grande Fome da Irlanda e Europa (Alemanha, França, Países Baixos, Inglaterra, Escócia, etc.) entre as décadas de 1830 e 1860. Acredita-se que a doença tenha sido introduzida no velho Mundo a partir de material genético contaminado vindo das Américas. A sua rápida disseminação e impactos destrutivos causaram sérios problemas de segurança alimentar que refletiu de forma direta na saúde e na manutenção da vida humana, gerando uma crise internacional sem precedentes.

Nas décadas seguintes, a requeima avançou rapidamente sendo observada a

nível mundial no início do século XX. No Brasil, acredita-se que a doença tenha sido detectada por volta de 1898, sendo sua introdução atribuída a importação de batata-semente contaminada, proveniente da Europa.

Apesar de todo conhecimento obtido nos últimos 170 anos para o manejo da requeima, essa continua sendo uma grande ameaça para a produção segura e sustentável de alimentos, devido o risco potencial de surgimento de linhagens de *Phytophthora infestans* cada vez mais agressivas, capazes de quebrar a resistência vertical de cultivares e serem menos sensíveis aos fungicidas existentes no mercado.

Sintomas

Os primeiros sintomas aparecem normalmente nas folhas inferiores sendo observados nas margens, pontas ou em áreas acanoadas das folhas, onde ocorre maior acúmulo de água livre. Esses são caracterizados por manchas circulares a irregulares, de tamanho variável, coloração verde-clara ou escura e aspecto úmido que se expandem rapidamente quando as condições climáticas são favoráveis. Ao evoluírem essas se tornam castanho-claras a negras, necróticas, irregulares, não limitadas por nervuras foliares, com aparência oleosa, podendo ou não ser envoltas por um halo verde-amarelado (Figuras 5, 6 e 7). Na face inferior das lesões observa-se um crescimento branco-acinzentado, de aspecto aveludado, localizado

principalmente ao redor das lesões, nos limites entre o tecido sadio e o necrótico. Esse é composto em sua maioria por esporângios e esporangióforos do patógeno, produzidos assexuadamente, que emergem através de estômatos foliares. Essas estruturas formam-se, especialmente, em condições de alta umidade e temperaturas que variam de 12 a 18°C (Figuras 8 e 9).

Ataques precoces da doença, logo após a emergência, geralmente são caracterizados por sintomas em caules, pecíolos e ponteiros. Nos caules e pecíolos as lesões são pardo-escuras a negras, alongadas, aneladas, e quando muito severas, podem causar a quebra ou a morte dos tecidos e órgãos localizados próximos ao local necrosado (Figuras 10 e 11). Nesses órgãos, as infecções geralmente se iniciam na área de inserção entre o caule e o pecíolo por ser uma área de acúmulo de umidade. As lesões em caule geralmente apresentam entre 10 e 20 cm de comprimento e se localizam no terço médio da planta. Essas podem ser observadas em qualquer fase do desenvolvimento da cultura, podendo

muitas vezes ocorrer na ausência de sintomas nas folhas. Nos ponteiros e brotações novas, a doença causa a morte das gemas apicais e folhas jovens paralisando por completo o crescimento das plantas (Figura 12). A maior incidência desses sintomas pode estar ligada a linhagens mais agressivas do patógeno, epidemias originadas por oósporos presentes no solo ou por brotações e caules jovens doentes provenientes de batata-semente infectada. Quando os sintomas se desenvolvem nos caules próximos ao final do ciclo, aumentam os riscos de contaminação dos tubérculos e perdas durante o armazenamento. Cabe destacar ainda, que nos caules o patógeno possui um maior tempo de infecção no campo, uma vez que esses possuem uma sobrevivência significativamente maior quando comparados com a folhagem.

Nos frutos, quando presentes, a doença é caracterizada por manchas irregulares, deformadas, profundas, de coloração marrom-escura semelhantes às observadas em frutos de tomateiro (Figura 13).

Quadro 1. Ocorrência de doenças causadas por fungos e chromistas (oomicetos e cercozoários) nas diferentes fases do ciclo fenológico da cultura da batata.

Ciclo fenológico	Descrição	Doença
Brotação/ Emergência	Fase compreendida entre o plantio e a emergência dos brotos na superfície do solo. Os brotos surgem através das gemas dormentes (olhos) e dão origem aos caules. Nesse estágio as plântulas sobrevivem única e exclusivamente das reservas contidas na batata-semente, uma vez que o sistema radicular está iniciando o desenvolvimento.	Rizoctoniose Fusariose Podridão aquosa
Desenvolvimento vegetativo	Fase compreendida a partir da emergência, passando pela formação da parte aérea das plantas (folhas, caules), sistema radicular e dos estolões. O desenvolvimento vegetativo pode durar de 30 a 50 dias, dependendo da cultivar, data de plantio, temperatura do solo, clima e outros fatores ambientais.	Requeima Pinta preta
Início da formação dos tubérculos	Os tubérculos se formam a partir dos estolões, mas ainda não estão desenvolvidos. Na maioria dos cultivares o fim desta fase coincide com o florescimento. O tempo de duração dessa fase pode ser de 15 a 20 dias. Inicialmente, a planta pode produzir de 20 a 30 pequenos tubérculos, mas apenas 5 a no máximo 15 tubérculos atingem a maturidade. Nessa fase o crescimento vegetativo perde intensidade.	Requeima Pinta preta Fusariose Mofo branco Rizoctoniose Murcha de Verticillium
Crescimento dos Tubérculos	O crescimento dos tubérculos apresenta um caráter exponencial, ou seja, as células tuberosas se expandem com o acúmulo de água, nutrientes e carboidratos. A proporção de assimilados exportados pelas folhas é duplicado, sendo a maior parte dirigida para os tubérculos. Esse estágio pode durar de 30-50 dias, podendo variar em função da data de plantio, dos fatores climáticos e da nutrição da cultura. Nessa fase, o crescimento vegetativo é paralisado.	Requeima Pinta preta Sarna pulverulenta Sarna prateada Rizoctoniose
Maturação	Os ramos ficam amarelados, perdem as folhas e os ramos, eventualmente morrem. O conteúdo de matéria seca dos tubérculos atinge o máximo, e eles ficam definidos. A maturação dos tubérculos se dá quando a película se encontra no grau máximo de aderência e brilho.	Requeima Pinta preta Rizoctoniose, Sarna pulverulenta Sarna prateada Olho pardo Podridão aquosa
Dormência* Armazenamento	Estádio fisiológico em que os tubérculos tem baixa atividade metabólica, não ocorrendo emissão de brotos e raízes. O período pode variar em função da temperatura de armazenamento, injúrias e do grau de amadurecimento do tubérculo no momento da colheita.	Requeima Pinta preta Rizoctoniose, Fusariose Murcha de Verticillium Podridão aquosa Sarna pulverulenta Sarna prateada Olho pardo

*Fonte de inóculo. Adaptado de Bisognin & Streck (2009).

À medida que as lesões nos folíolos, pecíolos, caules, ponteiros e frutos evoluem os órgãos afetados escurecem e morrem rapidamente, exibindo um aspecto de queima generalizada (Figura 14). A doença pode destruir grandes extensões de área cultivada em curto espaço de tempo (4 a 7 dias).

Nos tubérculos, as lesões são castanhas, superficiais, irregulares e com bordos definidos. No interior dos mesmos, a necrose geralmente é assimétrica, de coloração castanho-avermelhada, aparência granular e mesclada, podendo se estender da superfície até a região da medula. O desenvolvimento das lesões geralmente é lento em períodos frios e secos. No entanto, quando as condições climáticas são favoráveis as mesmas expandem-se rapidamente e podem apresentar patógenos secundários dos gêneros *Fusarium*, *Pectobacterium* e *Dikeya*. Os danos em tubérculos são mais comuns em regiões sujeitas à ocorrência simultânea de baixas temperaturas e alta umidade no solo durante as fases de formação, crescimento e finalização dos tubérculos. A ocorrência da requeima no final do ciclo é considerada a principal causa para a infecção dos tubérculos. Caules, pecíolos, frutos e tubérculos doentes também podem apresentar a esporulação típica do patógeno, nas ou no entorno das lesões. Sintomas de requeima em raízes e estolões são raros.

Etiologia

A definição do agente causal da requeima não foi um processo simples, sendo necessárias décadas de estudos para a sua concretização. A necessidade de respostas surgiu a partir de 1830, quando a doença começou a causar a destruição massiva de cultivos de batata na Europa e América do Norte, alcançando o seu auge nas décadas de 1840-60. Nesse sentido, os estudos de von Martius, em 1842, na Alemanha, foram os primeiros a sugerir que a doença estava associada a um microrganismo devido à presença constante um crescimento esbranquiçado característico associado aos sintomas da doença. Em 1844-45 na Bélgica, Charles Morren realizou os primeiros ensaios de inoculação provando que a doença estaria relacionada a um patógeno, uma vez que o mesmo podia ser transmitido. Inicialmente Morren denominou o agente causal de *Botrytis devastatrix*. Na mesma época, o micologista francês C. Montagne isolou um “fungo” de plantas doentes e o denominou de *Botrytis infestans* Mont. Em 1846 o reverendo inglês Miles Berkeley publica um artigo afirmando que *B. infestans* era o agente causal da requeima, com base em culturas cedidas por Montagne. No entanto, apenas os estudos do botânico alemão Heinrich Anton de Bary, na década de 1870, foram capazes de convencer a comunidade científica de que a esporulação esbranquiçada associada a doença era o agente causal da doença, e não resultado de geração espontânea ou ira divina. Em

1863, de Bary passou a denominá-lo de *Peronospora infestans* por concordar com as observações de Unger (1847) e Caspary (1852). Em 1876, renomeou a espécie como *Phytophthora infestans* com base no desenvolvimento diferenciado dos esporângios e nas características dos esporangióforos. O nome é derivado do grego onde o termo “Phytophthora” é originado de phyto = planta e phthora = destruidor, enquanto que “infestans” refere-se a alta capacidade do patógeno de infectar e se disseminar.

Phytophthora infestans (Mont.) de Bary pertence ao Reino Chromista, Filo Oomycota, Classe Oomycetes, Ordem Peronosporales e Família Peronosporaceae. Apresenta características morfológicas semelhante aos fungos, porém está mais relacionada a organismos aquáticos, como as algas marrons e as diatomáceas. Trata-se de um microrganismo diploide para a maior parte do seu ciclo de vida, além de ser isento de pigmentos fotossintéticos. Estudos recentes têm mostrado que as principais linhagens recentes de *P. infestans* provenientes de reprodução sexuada são diploides, mas que a maioria das linhagens clonais pandêmicas são triploides. A parede celular é constituída por celulose e outras glucanas, enquanto que a dos fungos verdadeiros é composta principalmente por quitina. Outra característica marcante do gênero *Phytophthora* é não possuírem capacidade de sintetizar o próprio esterol e tiamina, sendo esses obtidos diretamente da planta hospedeira ou do ambiente.

P. infestans apresenta crescimento micelial característico, porém não apresenta a formação de septos (micélio cenocítico). Os esporângios são hialinos, globosos, papilados, as paredes são finas e possuem dimensões que variam de 21 a 38 X 12 a 23 µm (Figura 15). Esses costumam ter vida curta longe do hospedeiro. Os esporangióforos são desenvolvidos, com ramificação simpodial, e emergem através dos estômatos. Em condições específicas de temperatura e umidade no interior dos esporângios formam-se os zoósporos (esporos móveis) com dois flagelos que os tornam capazes de nadar indicando uma ancestralidade aquática.

As temperaturas mínima, ótima e máxima para o crescimento de colônias de *P. infestans* são 4, 20 e 26°C, respectivamente. Não há crescimento em temperaturas acima de 26°C.

O sequenciamento do genoma do *P. infestans* evidenciou a presença de numerosos elementos transposons e regiões hipervariáveis. Tal fato, explica a nível genético as grandes variações de fenótipo, genótipo, agressividade e capacidade de adaptação apresentadas por esse oomiceto.

A patogenicidade de *P. infestans* é atribuída a toxinas extracelulares e enzimas hidrolíticas compostas por diferentes proteínas atribuídas a famílias de genes em plena evolução. Tais substâncias são capazes de reduzir as defesas do hospedeiro permitindo que o patógeno colonize a planta e retire

os nutrientes necessários para a sua sobrevivência.

P. infestans pode se reproduzir de forma assexuada e sexuada. As estruturas assexuadas de propagação são os esporângios e zoósporos. Em geral, nos locais onde ocorre apenas um grupo de compatibilidade, a população é constituída por uma ou poucas linhagens de indivíduos geneticamente semelhantes a um ancestral comum. A reprodução sexual, por sua vez, pode ocorrer de duas formas: com linhagens homotáticas (auto-férteis) ou com linhagens heterotáticas. As homotáticas são capazes de produzir oósporos nos tecidos do hospedeiro ou em meio de cultura através de um mecanismo de autofertilidade. Nas espécies heterotáticas os indivíduos são classificados em dois tipos de compatibilidade A1 e A2. Esse tipo de reprodução ocorre quando os dois grupos coexistem na mesma área, na mesma planta ou na mesma lesão, e ocorre a troca de material genético. Na reprodução sexual ocorre a formação de gametângios masculinos (anterídio) e femininos (oogônio). O anterídio é confinado por um septo e secreta material adesivo que facilita o emparelhamento. Após a meiose no anterídio e no oogônio um núcleo haplóide proveniente do anterídio é conduzido pelo tubo de fertilização até o oogônio onde ocorre a fecundação. Inicialmente, os grupos A1 e A2 eram encontrados apenas no Vale de Toluca, no México. Nas demais áreas, predominavam indivíduos do grupo A1 e a reprodução assexuada. No entanto,

a partir do ano de 1986 indivíduos do grupo A2 passaram a ser observados em vários países, inclusive no Brasil. Como resultado da reprodução sexuada (homotática ou heterotática) são formados os oósporos, esporos circulares (24-46 μm) de parede espessa, adaptados a resistir a condições adversas do ambiente (Figura 16). Esses são formados em maior número em caules do que em folhas, provavelmente pelo fato desses sobreviverem por mais tempo no campo. Os oósporos são liberados no solo após a decomposição completa das plantas afetadas e atuam como fonte de inóculo inicial para futuros ciclos da doença. Esses permitem ainda que as epidemias sejam mais precoces e alcancem maior poder destrutivo. A presença da reprodução sexuada de *P. infestans* em maior escala, pode contribuir para o aumento da variabilidade genética, surgimento de linhagens mais adaptadas ao ambiente, mais agressivas às cultivares existentes e menos sensíveis aos fungicidas. No entanto, cabe destacar que vários estudos observaram que a ocorrência simultânea dos dois tipos de acasalamento, nem sempre evidenciam a ocorrência de reprodução sexuada, sugerindo que as populações de origem sexual podem ser efêmeras em algumas situações.

Quanto à população brasileira de *P. infestans*, inicialmente sabia-se que o grupo A1 era associado predominantemente ao tomateiro e o grupo A2 à batata. Estudos mais recentes têm mostrado presença de isolados

auto-férteis e a ocorrência simultânea dos grupos de compatibilidade A1 e A2 na mesma área de cultivo, porém sem evidências de ocorrência de reprodução heterotática.

Além de *Phytophthora infestans* outras espécies do gênero são relatadas como fitopatógenos associados à cultura da batata (Quadro 2).

Quadro 2. *Phytophthora* spp. descritas na cultura da batata não relatadas no Brasil.

Hospedeiro	Espécies	Países com ocorrência
Batata <i>Solanum tuberosum</i>	<i>Phytophthora erythroseptica</i> Pethybr	Austrália, Bulgária, Canadá, Inglaterra, Grécia, Índia, Irlanda, Coreia, Holanda, Nova Zelândia, Escócia, Peru, Turquia, Reino Unido, Estados Unidos
	<i>Phytophthora nicotianae</i> Breda de Haan	Estados Unidos, Índia, Irã, Japão, Coreia, Venezuela
	<i>Phytophthora cactorum</i> (Lebert & Cohn) J. Schröt	Alemanha, Estados Unidos, África do Sul, Reino Unido
	<i>Phytophthora cinnamomi</i> Rands	Estados Unidos
	<i>Phytophthora cryptogea</i> Pethybr. & Laff.	Austrália, Irlanda, Turquia, Estados Unidos
	<i>Phytophthora drechsleri</i> Tucker	Argentina, Austrália, Egito, Estados Unidos
	<i>Phytophthora megasperma</i> Drechsler	Austrália, Canadá, Irlanda, Reino Unido
	<i>Phytophthora palmivora</i> (E.J. Butler) E.J. Butler	Índia
	<i>Phytophthora vignae</i> Purss	Austrália

Fontes: Fungal Database: Acesso: 19.08.21 Index Fungorum: Acesso 23.08.21; Embrapa Cenargem Acesso 23.08.21.

Ciclo da doença

Na reprodução assexuada os esporângios germinam diretamente quando as temperaturas variam de 18 e 25°C, ou podem produzir zoósporos biflagelados quando essas se encontram na faixa de 12 a 16°C (Quadro 3). Nessas condições, cada esporângio origina em média 8 zoósporos, o que aumenta de forma significativa a quantidade de inóculo e consequentemente a severidade e potencial destrutivo da doença. Nesse

caso o inóculo inicial pode ser originado de batata-semente contaminada, hospedeiros intermediários, plantas voluntárias de batata e inóculo trazido pela ação de ventos úmidos de cultivos próximos.

Na reprodução sexuada ocorre a formação de gametângios, masculino (anterídio) e feminino (oogônio). A meiose ocorre tanto no gametângio masculino quanto no feminino. Um

tubo de fertilização se desenvolve entre o anterídio e o oogônio, sendo transmitido um único núcleo haploide para o gametângio feminino, ocorrendo a fusão e a formação de um único oósporo. Depois de liberados no solo e sob condições climáticas favoráveis, os oósporos podem germinar através de um tubo germinativo formando um esporângio terminal que, ao ser liberado, pode germinar diretamente ou originar zoósporos que ao entrarem em contato com hospedeiros suscetíveis, iniciam

um novo ciclo da doença. Nesse caso, os oósporos presentes no solo são considerados a inóculo inicial para futuros ciclos da doença.

Quanto à umidade, a doença é favorecida por períodos de molhamento foliar superiores a 12 horas, ambientes nublados com névoa, orvalho e chuva fina. Em algumas situações, a altitude associada à presença de orvalho e a queda da temperatura noturna são suficientes para epidemias importantes da doença (Quadro 3).

Quadro 3. Influência de fatores ambientais sobre o desenvolvimento de *P. infestans*.

Fator ambiental	Fase do desenvolvimento favorecida
Temperaturas de 16 a 25°C (Ótimo 20°C)	Crescimento micelial
Temperaturas 15 a 25°C (Ótimo 16 a 21°C)	Produção de esporângios
Temperaturas de 18 a 25°C (Ótimo 22°C)	Germinação direta de esporângios, formação de tubo germinativo
Temperaturas de 12 a 16°C (Ótimo 12°C)	Produção e germinação de zoósporos
Temperaturas de 15 a 22°C (Ótimo 19 a 21°C)	Colonização dos tecidos e aumento das lesões
Alta umidade (>90%)	Favorece todas as etapas do desenvolvimento
Tempo nublado*	Favorece todas as etapas do desenvolvimento

*A presença de luz extrema pode matar os esporângios

A disseminação de *P. infestans*, na forma assexuada, ocorre principalmente através de batata-semente infectada, ação de ventos, dispersão de gotas de água de orvalho, chuva ou irrigação, circulação de pessoas e maquinários. Batatas semente com infecções latentes constituem uma das principais fontes de inóculo da doença. A ocorrência

de condições climáticas favoráveis e a presença de umidade suficiente no solo permitem que o patógeno se multiplique e alcance primeiramente os caules e em seguida as folhas basais. Quando transportados pelos ventos, sob condição de umidade acima de 90%, os esporângios podem ser disseminados por vários quilômetros até novas plantas

hospedeiras. Quando dispersos através de gotículas de água esses podem transitar através de respingos ou do filme de água formado na superfície de folhas e tubérculos. A penetração do pró-micélio resultante da germinação dos esporângios ou dos zoósporos encistados (tubo germinativo) pode ser direta no tecido vegetal ou através dos estômatos, com a formação de apressórios. Dentro da planta, o micélio cresce inter e intracelularmente por meio de haustórios que se estendem no interior das células, liberando proteínas efetoras, responsáveis pelo processo de infecção. Esse estágio de infecção não é visível ao olho nu, no entanto, no interior das células ocorrem inúmeras interações moleculares e reações bioquímicas que causam a morte de tecidos e a expressão de sintomas. Essa fase do processo é biotrófica, pois *P. infestans* necessita de células vivas para nutrir-se. Após o início do processo infeccioso a colonização dos tecidos é extremamente rápida, podendo o período de incubação variar de 48 a 72 horas. Nessa fase o patógeno passa a apresentar características necrotróficas. A infecção de tubérculos ocorre a partir de esporângios lavados das folhas para o solo. Havendo umidade e temperatura adequada ocorre a formação de zoósporos, que ao serem liberados na solução do solo, nadam em direção dos tubérculos, podendo penetrá-los de forma direta ou através de lenticelas ou ferimentos causados durante os tratamentos culturais ou durante a colheita.

A doença é favorecida por desequilíbrio nutricional como: excesso de nitrogênio e carência de potássio, fósforo, cálcio, boro e zinco; plantios sucessivos de solanáceas na mesma área e acúmulo de umidade na folhagem e no solo.

Além da batata, *P. infestans* pode afetar as culturas do tomate (*Solanum lycopersicum* L.), pimentão (*Capsicum annuum* L.), berinjela (*Solanum melongena* L.), petúnia (*Petunia hybrida*), muricato (*Solanum muricatum* Aiton), tabaco (*Nicotiana tabacum* L.), tomateiro arbóreo (*Solanum betaceum* Cav.), lulo (*Solanum quitoense* lam.) e plantas invasoras como: figueira do inferno (*Datura stramonium* L.), picão branco (*Galinsoga parviflora* Cav), corda de viola (*Ipomea purpurea* L.), falso joá de capote (*Nicandra physaloides* L.) Gaertn, joá de capote (*Physalis angulata* L.), maria-prezinha (*Solanum americanum* L.), maravilha (*Mirabilis jalapa* L.) e tabaco selvagem (*Nicotiana benthamiana* Domin.).

Pinta Preta, Mancha de Alternaria

Considerada uma doença de importância crescente a nível mundial, a pinta preta ocorre em especial em áreas tropicais e subtropicais, podendo causar reduções no rendimento que variam de 2 a 70%. Nos últimos anos, a doença também tem alcançado importância em áreas de clima temperado, fato atribuído por alguns autores às mudanças climáticas causadas pelo aquecimento global.

A pinta preta é caracterizada pela redução prematura da área foliar, queda de vigor das plantas, quebra de hastes, redução do ciclo e quedas significativas no rendimento e na qualidade dos tubérculos. O aumento de suscetibilidade à doença está geralmente associado à maturidade dos tecidos, ao florescimento e ao período de formação e crescimento dos tubérculos. A maior demanda de nutrientes e fotoassimilados exigidos pela formação e crescimento dos tubérculos tornam as folhas maduras mais vulneráveis e suscetíveis à doença.

Sintomas

Os primeiros sintomas tornam-se visíveis nas folhas basais 3 a 5 semanas após a emergência. Inicialmente, são observadas manchas puntiformes de coloração marrom escura, com alguns milímetros de diâmetro. A área lesionada aumenta de forma gradativa pelo tecido foliar e as manchas tornam-se necróticas, podendo atingir larguras que variam de 0,3 a 2cm. Essas são circulares, elípticas ou limitadas pelas nervuras (angulares), pardo-escuras, isoladas ou em grupos, com a presença de anéis concêntricos e bordos bem definidos. Ao redor das mesmas pode-se observar a formação de um halo amarelado consequência da ação de toxinas e metabolitos liberados pelo fungo no tecido foliar para favorecer a infecção e colonização dos tecidos (Figuras 17, 18, 19 e 20). *Alternaria* spp. são capazes de produzir diferentes toxinas específicas do hospedeiro (HSTs)

e toxinas não específicas do hospedeiro (nHSTs). O aumento da intensidade da pinta preta no campo ocorre tanto pelo surgimento de novas lesões como pela expansão das mais velhas, que podem coalescer destruindo todo limbo foliar. Em cultivares suscetíveis a doença pode causar desfolha significativa das plantas afetadas (Figura 21). Quando as condições climáticas são favoráveis a doença observa-se sobre as lesões um crescimento negro formado por conídios e conidióforos do patógeno.

As lesões em hastes e pecíolos podem surgir em plantas adultas e caracterizam-se por serem pardas, alongadas, deprimidas, apresentando ou não halos concêntricos (Figura 22).

Nos tubérculos as lesões são irregulares, deprimidas, castanho-purpúreas a negras e tendem a provocar podridão seca. No interior dos tubérculos as lesões são coriáceas, os tecidos apresentam coloração castanha escura, com as bordas amareladas e úmidas. No armazenamento, a evolução de sintomas geralmente é lenta, mas a doença pode reduzir de forma significativa a qualidade dos tubérculos para consumo e a capacidade de germinação das batatas-semente.

Embora seja muito difícil distinguir as diferentes espécies de *Alternaria* em relação aos sintomas, existem observações na literatura de que lesões menores (puntiformes a 0,5mm) estejam relacionadas a *A. alternata*.

Etiologia

As espécies de *Alternaria* relacionadas à pinta preta pertencem ao Reino Fungi, Filo Ascomycota, Classe Dothideomycetes, Ordem Pleosporales, Família Pleoporaceae. São microrganismos necrotróficos, ou seja, além do hospedeiro podem sobreviver como saprófitas em restos de cultura ou associados à matéria orgânica do solo. Os conídios são isolados, retos ou curvos, castanho-amarelados, clavados ou com o corpo elipsoidal, afinando-se para a extremidade. Apresentam septos transversais, longitudinais e oblíquos e apêndices. Os conidióforos se encontram isolados ou em grupo, retos ou curvos, algumas vezes geniculados, septados, com coloração castanha ou marrom. *In vitro* as colônias de *Alternaria* spp. apresentam crescimento radial vigoroso, micélio septado, apresentando coloração que varia da cinza-claro a negra, e frequentemente podem colorir o meio de cultura com pigmentos que podem ser amarelados, alaranjados ou arroxeados. Em situações de estresse o fungo pode formar através de células do micélio ou de conídios, estruturas de resistência denominadas clamídoporos. Esses se caracterizam por serem castanho-escuros, com paredes espessas, globosos a elipsoidais, com diâmetros que variam de 8 a 15 µm, podendo ocorrer isolados, em cadeias ou aglomerados. Acredita-se que esses possam sobreviver no solo por períodos superiores a 7 meses.

Estudos recentes têm demonstrado que a pinta preta da batata, no Brasil, é

causada pelo fungo *Alternaria grandis* E.G. Simmons, entretanto, a doença também pode estar associada a outras espécies como: *Alternaria alternata* (Fries) Keissler e mais recentemente *Alternaria arborescens* E.G. Simmons.

Alternaria grandis tem sido descrita principalmente na África (Argélia), Europa (Bélgica) e América do Norte (Estados Unidos). No Brasil, a espécie foi detectada há uma década e desde então, tem sido considerada o principal agente causal da pinta preta.

A espécie *A. alternata* tem sido relatada nas três Américas, Europa, Ásia e África, enquanto que *A. arborescens* tem sido observada na América do Sul (Chile), América do Norte (Estados Unidos) e Europa (Bélgica). Ambas são consideradas espécies menos agressivas, que geralmente infectam tecidos senescentes ou ocorrem em complexo com outras espécies como *Alternaria solani* e *Alternaria grandis*.

Alternaria solani Sorauer, considerado anteriormente o agente causal da pinta preta no Brasil, não tem sido mais encontrada associada à doença em nossas condições de cultivo. Algumas hipóteses têm sido apontadas para explicar essa mudança etiológica. Entre elas destaca-se a possibilidade de que uma maior adaptabilidade e agressividade de *A. grandis*, em relação a *A. solani*, tenha permitido uma “substituição” de populações. Outra perspectiva é de que o avanço nas técnicas de identificação molecular

tenha permitido uma identificação mais precisa das espécies de *Alternaria* relacionadas à pinta preta no país. Apesar de patogênica à batateira, a espécie *A. linariae* (Neerg.) E.G. Simmons (Sin. *Alternaria tomatophyla*) tem sido encontrada predominantemente

associada à cultura do tomate em nossas condições de cultivo.

A nível mundial, a doença pode estar relacionada a outras espécies do gênero *Alternaria* não relatadas no Brasil (Quadro 2).

Quadro 4. *Alternaria* spp. relacionadas à pinta preta na cultura da batata não relatadas no Brasil.

Hospedeiro	Espécies	Países
Batata <i>Solanum tuberosum</i>	<i>Alternaria solani</i> Sorauer	Ocorrência mundial
	<i>Alternaria infectoria</i> E.G. Simmons	Rússia, China, Irã
	<i>Alternaria protenta</i> E.G. Simmons	Bélgica, Argélia, Estados Unidos, Nova Zelândia
	<i>Alternaria tenuissima</i> (Kunze) Wiltshire	China, Azerbaijão, Irã
	<i>Alternaria linariae</i> (Neerg.) E.G. Simmons	Argélia
	<i>Alternaria arbusti</i> E.G. Simmons	Estados Unidos
	<i>Alternaria blumeae</i> E.G. Simmons & Sontirat	China
	<i>Alternaria cantlous</i> (Yong Wang bis & X.G. Zhang) Woudenberg & Crous	Irã
	<i>Alternaria longipes</i> (Ellis & Everh.) E. Mason	Paquistão
	<i>Alternaria telliensis</i> N. Bessadat, D. Ayad and P. Simoneau	Argélia

Fontes: Fungal Database: Acesso: 19.08.21 Index Fungorum: Acesso 23.08.21; Embrapa Cenargem Acesso 23.08.21

A patogenicidade de *Alternaria* spp. depende basicamente da suscetibilidade do hospedeiro e das toxinas produzidas pelo patógeno. Em sua maioria são metabólitos secundários de baixo peso molecular que agem em diferentes partes das células como mitocôndria, cloroplasto, membrana plasmática, complexo de Golgi e núcleo causando o colapso das mesmas. Entre os HSTs destacam-se as toxinas AAL-, AK-, AM-, AF-, ACR- e ACT e entre os nHSTs pode-se citar a brefeldina A, o ácido tenuazônico, a tentoxina e o zinniol. Todas essas toxinas têm diferentes modos e mecanismos de ação, envolvem várias

reações bioquímicas e mecanismos de sinalização para infectar e colonizar os tecidos do hospedeiro.

Ciclo da doença

A ocorrência da pinta preta está associada a temperaturas entre 20 e 32°C (ideal de 21 a 25°C), períodos de molhamento foliar de 4 a 6 h (umidade >80%) e alternâncias entre períodos secos e úmidos. A doença é mais severa em verões chuvosos, mas também pode ocorrer em invernos, desde que haja condições favoráveis (veranicos).

O gênero *Alternaria* sobrevive entre um cultivo e outro em restos de cultura, em solanáceas suscetíveis ou no solo na forma de micélio, esporos ou clamidósporos. Os conídios caracterizam-se por serem altamente resistentes a baixos níveis de umidade, podendo permanecer viáveis por até um ano nestas condições. Havendo umidade e temperaturas suficientes (ótimo de 25 a 27°C), os conídios germinam e infectam as plantas rapidamente, podendo o fungo penetrar diretamente pela cutícula ou através de estômatos. Após a penetração os sintomas da doença são evidentes de 4 a 7 dias após o início da infecção. As lesões ao se expandirem passam a esporular e a produzir inóculo para novos ciclos da doença. Os conidióforos são formados em condições de alta umidade e na presença da luz (dia), enquanto que os conídios necessitam de alternância de alta e baixa umidade e ausência de luz. (noite) A infecção de tubérculos ocorre a partir de conídios lavados das folhas para o solo. Esses podem penetrar através das lenticelas ou através de ferimentos causados durante os tratamentos culturais.

Plantas sujeitas a estresses causados por desequilíbrios nutricionais (baixos níveis de nitrogênio, cálcio, fósforo, potássio, magnésio, boro, zinco e matéria orgânica no solo); plantios adensados (acúmulo de umidade na folhagem); presença de doenças (rizoctoniose, murcha de *Verticillium*, viroses e nematoides) e pragas (*Thrips*

spp., *Liriomyza* spp., *Bemisia tabaci* Biótipo B) são mais suscetíveis à doença.

Além das condições climáticas e do estágio fenológico da cultura citados anteriormente, o progresso da pinta preta no campo está intimamente relacionado a fatores como a suscetibilidade da cultivar, grupo de maturidade (cultivares precoces são mais suscetíveis), e potencial de inóculo, sendo este influenciado pelo intervalo de rotação, existência de hospedeiros alternativos e presença de campos em final do ciclo próximos a área cultivada.

A disseminação de *Alternaria* spp. ocorre principalmente através de batatas-sementes infectadas, ação de ventos, respingos de água de chuvas e irrigação, insetos, circulação de pessoas e equipamentos agrícolas.

Além da cultura da batata, a pinta preta também pode ser observada em outros cultivos como: tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.), pimentão (*Capsicum annuum* L.), pimentas (*Capsicum* spp.) berinjela (*Solanum melongena* L.), petúnia (*Petunia hybrida* Hort.), tabaco (*Nicotiana tabacum* L.) e plantas invasoras como: maria-pretinha (*Solanum americanum* L.), erva moura peluda (*S. sarrachoides* Sendtner), erva moura (*Solanum nigrum* Schultesii), figueira do inferno (*Datura stramonium* L.), joá bravo (*Solanum sisymbriifolium* Lam.), caruru (*Amaranthus* spp.) e fisális (*Physalis* spp.)

Doenças do solo

As doenças do solo podem afetar o sistema radicular (raízes e estolões), vasos condutores, caules e os tubérculos causando falhas de germinação, murchas, cancrios, podridões, queda de vigor e morte precoce de plantas. Normalmente essas doenças ocorrem em reboleiras, sendo o grupo de plantas afetadas facilmente visualizadas e identificadas no campo.

Entre os fatores que favorecem essas doenças destacam-se principalmente: o plantio sucessivo de espécies suscetíveis no mesmo local, solos compactados, baixa fertilidade, desequilíbrios nutricionais, alta capacidade de sobrevivência dos patógenos no solo através de atividade saprofítica ou através de estruturas de resistência (escleródios, clamidósporos) e falhas na adoção de medidas de controle.

Rizoctoniose, cancro do caule, crosta negra

A rizoctoniose, cancro da haste ou crosta negra é uma doença de ocorrência mundial na cultura da batata, sendo comum em áreas intensamente cultivadas. Além de danificar a germinação, a emergência e o desenvolvimento das plantas, a doença pode causar perdas de até 30% no rendimento, além de afetar a qualidade dos tubérculos.

Sintomas

A doença é caracterizada por lesões castanho-avermelhadas aneladas em brotos subterrâneos, caules jovens e estolões; germinação lenta; redução de estande; baixo vigor, crescimento limitado e desigual das plantas; redução do volume de raízes; enrolamento de folhas; emissão de tubérculos aéreos e a formação de tubérculos pequenos, deformados e enrugados (Figuras 22 e 24). As plantas afetadas podem apresentar folhas amareladas e em algumas cultivares essas podem apresentar pigmentos de coloração púrpura devido ao acúmulo de antocianina. O termo “crosta negra”, refere-se aos escleródios do fungo que se formam e permanecem aderidos à superfície do tubérculo. São estruturas de resistência individuais, isoladas ou agrupadas, firmes, que possuem coloração marrom escura a negra, apresentam tamanhos e formatos variáveis (1 mm a 5 mm de espessura e 1 mm a 10 mm de comprimento) e são formados pelo enovelamento do micélio do fungo (Figura 24).

A formação dos escleródios ocorre após a seca da parte aérea das plantas e início da maturação dos tubérculos, podendo em algumas situações continuar durante o armazenamento. De modo geral, os escleródios tornam-se visíveis após a lavagem dos tubérculos. Em algumas situações, além dos escleródios o fungo pode formar também um crescimento micelial castanho-avermelhado, ramificado, na superfície

do tubérculo. A presença de lesões nos estolões pode dificultar ou impedir o fluxo de nutrientes e foto-assimilados, causando redução do número, tamanho e deformação dos tubérculos.

Etiologia

Rhizoctonia solani J.G. Kühn (teleomorfo *Thanatephorus cucumeris* [A. B. Frank] Donk) pertence ao Reino Fungi, Filo Basidiomycota, Classe Agaricomycetes, Ordem Cantharellales, Família Ceratobasidiaceae. Possui micélio vigoroso, marrom escuro, as células são multinucleadas (3 a 28 núcleos), hifas septadas, com a presença típica de ramificação lateral em ângulo reto, ausência de conídios e apresenta capacidade de formar escleródios (Figura 26).

A compatibilidade de hifas heterotálicas do fungo através da anastomose além da variabilidade permite que os isolados sejam classificados em diferentes grupos. Na cultura da batata, a doença é causada principalmente pelos grupos de anastomose 3 (AG-3 PT) e 4 (AG-4 HGI e HGIII). O grupo AG-3 causa lesões em caules e podridões radiculares em batata, tomate e berinjela, além de formar escleródios em tubérculos de batata. O grupo AG-4, por sua vez, é mais agressivo, porém menos específico e não forma escleródios podendo causar podridão de sementes, tombamento de pré e de pós-emergência e podridões de raízes em diversas culturas (soja, feijão, amendoim, tomate, melão, melancia,

espinafre, pimentão e brócolis). Apesar de menos importantes a doença também pode estar associada aos grupos de anastomose AG2, AG5 e AG7.

Ciclo da doença

No campo, a doença tem início através do inóculo presente nas batatas-semente, no solo ou nos restos de cultura. Quando tubérculos infectados são plantados, o fungo presente na forma de micélio ou escleródio cresce da superfície da semente em direção as gemas e brotos em desenvolvimento, podendo infectar os primórdios caulinares, as raízes e os estolões. O inóculo transmitido pelas sementes é mais eficiente em causar doença do que o existente no solo, devido a sua maior proximidade das gemas e brotos. Quando presente no solo, o fungo pode estar associado a restos de cultura e detritos orgânicos. Na forma de micélio ou latente na forma de escleródios. Quando as condições climáticas são favoráveis, os escleródios germinam e o micélio busca hospedeiros suscetíveis para infectá-los.

A doença é favorecida por solos argilosos, compactos, neutro a ácidos (pH=7 ou menor), frios, úmidos, mal drenados, com matéria orgânica mal decomposta, plantios profundos e temperaturas entre 5 a 25°C (ótima entre 18 e 22°C).

R. solani pode sobreviver no solo por longos períodos, mantendo-se na forma de escleródios ou micélio colonizando restos de cultura. A sua disseminação

ocorre principalmente através de batata-semente, máquinas, implementos, ferramentas, tubos de irrigação, botas, caixas de colheita e implementos contaminados com solo infestado.

Além das culturas citadas anteriormente, os grupos de anastomose de *R. solani* associados a cultura da batata podem também afetar plantas invasoras como: joá-de-capote (*Nicandra physaloides* L.), beldroega (*Portulaca oleracea* L.), caruru (*Amaranthus* spp.), maria preta (*Solanum americanum* L.), erva moura (*Solanum nigrum* Schultesii), figueira do inferno (*Datura stramonium* L.), joá bravo (*Solanum sisymbriifolium* Lam.) e fisális (*Physalis* spp.).

Sarna Prateada

A sarna prateada afeta especialmente os tubérculos, não ocorrendo em outros subterrâneos (raízes e estolões) ou órgãos aéreos. Raramente a doença interfere na produtividade, porém afeta de forma significativa o aspecto visual e o valor comercial dos tubérculos lavados. A doença pode ainda ocasionar bordas escuras que comprometem a qualidade e o aspecto visual na fabricação de batatas-chips. No armazenamento pode reduzir o vigor de batatas-sementes e a durabilidade de tubérculos.

Sintomas

A doença afeta os tubérculos tanto no campo como no armazenamento, provocando o aparecimento de manchas

claras superficiais que ao evoluírem apresentam um aspecto circular, indefinido e coalescido. Os sintomas geralmente são limitados às células da periderme (pele) e córtex. A morte celular, nessas camadas, causa a perda de água das células medulares, o que acaba causando enrugamento superficial e a redução do peso e consistência dos tubérculos. A casca apresenta-se alterada, com aspecto seco, áspero e brilho metálico prateado, principalmente quando úmida ou molhada (Figura 27). A coloração prateada é causada pela perda de pigmentos por causa da degradação das células e da deposição de suberinas na parede celular. Na colheita, as lesões geralmente apresentam pouca expressão, porém aumentam de forma significativa durante o armazenamento. Cultivares de pele marrom e áspera (russet) são menos suscetíveis a infecção, enquanto que as de pele lisa, branca e rosa, exibem os sintomas de imediato. Quando a colheita é realizada em condições de alta umidade, as manchas podem apresentar-se recobertas por conidióforos e conídios do fungo. No armazenamento a doença pode causar a desidratação e morte de tubérculos, sendo mais grave quando associada a patógenos dos gêneros *Fusarium*, *Pectobacterium* e *Dikeya*.

Etiologia

Helminthosporium solani Durieu & Mont. pertence ao Reino Fungi, Filo Ascomycota, Classe Dothideomycetes,

Ordem Pleosporales, Família Massarinaceae. Apresenta micélio vigoroso, septado, crescimento radial e coloração que pode apresentar diversas tonalidades de cinza. Os conidióforos são simples, longos e septados. Os conídios são castanhos escuros, grandes (3 a 10 septos), redondos na base e afilados para o final, variam de 15 a 64 µm no comprimento e de 4 a 8 µm na largura (Figura 28).

Ciclo da doença

A sarna prateada é transmitida principalmente por batatas-sementes infectadas, sendo comum sua presença em material importado.

A doença é favorecida por temperaturas na faixa de 15 a 32°C e alta umidade (90 a 95%). Após a germinação dos conídios e a formação dos apressórios, o fungo penetra os tubérculos pelas lenticelas ou pela epiderme, causando o colapso e a despigmentação dos tecidos superficiais. A infecção dos tubérculos ocorre antes da colheita e continua seu desenvolvimento durante o armazenamento. A doença pode ser intensificada pelo atraso na colheita.

Onde as rotações de cultura possuem longos intervalos, as batatas-sementes são consideradas a principal fonte de inóculo e agentes de disseminação do patógeno. Em áreas onde os cultivos de batata são sucessivos, além das sementes, o inóculo pode estar associado também ao solo. Acredita-se

que o inóculo de *H. solani* possa manter-se viável no solo por 2 a 3 anos.

Além da batateira, o fungo é relatado em leucena (*Leucaena leucocephala*), *Solanum* sp. e *Solanum viride*. Sabe-se que *H. solani* pode sobreviver em restos de cultura e diferentes substratos orgânicos como folhas de aveia em decomposição.

Sarna Pulverulenta

Asarna pulverulenta afeta diretamente o aspecto visual dos tubérculos reduzindo de forma significativa o seu valor comercial. Também pode comprometer a certificação de batatas-sementes em função dos limites impostos pela legislação. A doença pode causar perdas que variam de 30 a 100% e já foi observada em várias regiões produtoras brasileiras, sendo sempre associada ao plantio de batata-semente infectada.

Sintomas

A doença afeta especialmente o sistema radicular, tubérculos e estolões da batata, não sendo observados sintomas na parte aérea. Os sintomas da sarna pulverulenta geralmente são superficiais e penetram poucos milímetros nos tubérculos.

Os tubérculos podem apresentar dois tipos de sintoma, o primeiro na forma de crosta e o segundo na forma de cancrios. A forma de crosta resulta da infecção de lenticelas e seus primeiros sintomas manifestam-se através de pequenas

manchas de cor castanha arroxeada clara na superfície do tubérculo, com 1 a 3 mm de diâmetro. Em seguida, estas se convertem em pústulas abertas, escuras, arredondadas e com bordas irregulares compostas por fragmentos da epiderme (Figura 29). Os centros das lesões são deprimidos apresentando tecidos irregulares e esponjosos. Associados às lesões encontram-se zoósporos e cistossoros do patógeno. Em ataques graves, as crostas podem se fundir formando grandes áreas de tecido necrosado. As crostas favorecem a entrada de outros agentes causadores de podridões como *Fusarium* spp., *Pectobacterium* spp. e *Dickeya* spp. que podem dificultar o diagnóstico. A forma de cancro, por sua vez, é resultado da infecção nas gemas. Essa estimula o crescimento excessivo de tecidos do tubérculo que se transformam em tumores. O novo tumor, por sua vez, também pode apresentar sintomas severos de crosta.

Nas raízes, formam-se galhas (0,5 a 1,5 cm) escuras e enrugadas que reduzem à absorção de água e nutrientes, originando plantas menos vigorosas, tubérculos inferiores e em menor número.

Etiologia

Spongospora subterranea (Wallr.) Lagerh f.sp. *subterranea* é um parasita obrigatório que pertence ao Reino Chromista, Filo Cercozoa, Classe Phytomyxea, Ordem Plasmodiophorales.

Apresenta protoplastos multinucleados (plasmódia), zoósporos ovoides com dois flagelados anteriores e esporos de repouso. Os esporos são poliédricos com 3,5-4,5 µm de diâmetro, com paredes lisas, finas e amareladas. Os cistossoros atuam como estruturas de resistência, são ovoides, irregulares (19-85 µm de diâmetro) e permitem ao patógeno sobreviver no solo por períodos de 3 a 10 anos (Figura 30). Esses são facilmente disseminados por tubérculos infectados, escoamento de água de superfície (chuvas e irrigação) e solo aderido a ferramentas, implementos, botas etc.

Além da sarna pulverulenta *S. subterranea* f. sp. *subterranea* pode ser vetor do Potato mop-top virus (PMTV). O vírus pode manter-se viável por muito tempo associado ao chromista, sendo transportado pelos zoósporos.

Apesar de *S. subterranea* f. sp. *subterranea* apresentar variações genéticas limitadas, estudos moleculares permitiram identificar a existência das variantes I, II e III. Na América do Sul foram identificadas as variantes I, II e III; na América do Norte e Austrália verificou-se a predominância da variante I, enquanto que na Europa foram observadas as variantes I e II.

Ciclo da doença

O patógeno pode sobreviver no solo por longos períodos, não sendo necessários níveis muito elevados de inóculo para que surjam surtos graves da doença.

A presença de raízes de hospedeiros suscetíveis estimula germinação dos esporos de resistência e a produção de um zoósporo primário. Este, ao penetrar as raízes e estolões, forma plasmídios multinucleados que produzem zoósporos secundários, responsáveis pela infecção de raízes e tubérculos. Os zoósporos secundários induzem a célula hospedeira a formar galhas, no interior das quais se formam esporos de repouso. O aparecimento e evolução dos sintomas depende diretamente das condições climáticas, podendo variar de 3 a 8 semanas após o início da infecção. De modo geral, a cultura da batata é mais suscetível à doença no período de três a quatro semanas após o início da tuberização.

A sarna pulverulenta é típica de climas temperados e tropicais de altitude, podendo ser limitante em condições nessas condições. A doença é favorecida por solos frios e úmidos, temperaturas na faixa de 9 a 18°C e pH do solo entre 4,7 a 7,6. Apesar da umidade do solo ser fator decisivo para a evolução da doença, observa-se na prática que os níveis mais severos da doença ocorrem quando se observa alternâncias entre altos e baixos níveis de água no solo.

S. subterranea f.sp. subterranea pode sobreviver no solo por períodos superiores a 10 anos. A sua disseminação ocorre principalmente através de batata-semente, máquinas, implementos, ferramentas, tubos de irrigação, botas, caixas de colheita e implementos contaminados com solo infestado.

Entre os hospedeiros potenciais de *S. subterranea* descritos pela literatura internacional destacam-se entre os cultivados: o tomate (*Solanum lycopersicum*), o pimentão (*Capsicum annuum*), o nabo (*Brassica rapa* subsp. *rapa*), a canola (*Brassica napus*), o agrião (*Nasturtium* sp.), a cebola (*Allium cepa* L.), a cenoura (*Daucus carota* L.) e plantas invasoras como erva moura (*Solanum nigrum* Schultesii), figueira do inferno (*Datura stramonium* L.), serralha (*Sonchus oleraceus* L.), fisális (*Physalis* sp.), nabiça (*Raphanus raphanistrum* L.), picão preto (*Bidens pilosa* L.), joá de capote (*Nicandra physalodes* (L.) Gaertn) e picão branco (*Galinsoga parviflora* Cav.). Não se conhece cultivares resistentes ou tolerantes à doença.

Murcha de Fusarium e Podridão Seca

A murcha de Fusarium (MF) e a podridão seca (PS) de tubérculos estão entre as doenças mais comuns e cosmopolitas da cultura da batata. A MF afeta principalmente as plantas no campo, enquanto que a PS ocorre nos tubérculos e nas batatas-sementes durante o armazenamento. A MF e a PS podem causar perdas que variam de 20 a 35% e de 50 a 70%, respectivamente.

Sintomas

Os primeiros sintomas da MF geralmente começam com o amarelecimento das folhas inferiores seguido de murcha progressiva das

plantas e escurecimento dos caules (Figura 31). As folhas podem se tornar bronzeadas e encarquilhadas. Os sintomas foliares citados podem ser generalizados ou aparecer em apenas um lado de uma planta, estando associados a proporção e localização dos vasos colonizados. À medida que a murcha evolui, os sintomas progredem para a parte superior da planta, as folhas tornam-se necróticas e, por fim, ocorre o colapso dos caules e morte das plantas. A descoloração vascular no caule é mais frequente abaixo do nível do solo, mas em algumas situações também pode ocorrer nos caules aéreos. Formação de tubérculos aéreos, escurecimento das gemas (olhos negros) e o crescimento limitado de raízes e estolões também são sintomas típicos da doença

A PS de batatas-sementes e tubérculos é observada principalmente durante o armazenamento. Os sintomas da doença são expressos por lesões concêntricas, apodrecimento e mumificação generalizada dos tubérculos e escurecimento dos tecidos internos (Figura 32). Em condições de alta umidade observa-se sobre as lesões a presença de um bolor branco-rosado composto por micélio, conidióforos e conídios do fungo. A doença afeta diretamente a aparência dos tubérculos

e reduz o rendimento devido ao descarte de tubérculos doentes. Batatas-sementes infectadas geralmente apresentam baixo vigor, ocasionando falhas de germinação ou originam plantas com desenvolvimento limitado. De maneira geral, a infecção ocorre através de ferimentos na colheita e os sintomas se tornam evidentes durante o armazenamento. A associação com outros patógenos como *Helminthosporium solani*, *Pectobacterium* spp., e *Dikeya* spp., pode tornar as perdas mais significativas.

Etiologia

O gênero *Fusarium* pertence ao Reino Fungi, Filo Ascomycota, Classe Sordariomycetes, Ordem Hypocreales. Possui crescimento radial, micélio vigoroso que pode variar do branco ao roxo, apresenta hifas septadas e produz macro e microconídios curvos, fusiformes, septados ou não (Figura 33). Apresenta ainda estruturas de resistência denominadas clamidósporos que podem perpetuar o patógeno no solo por longos períodos.

Várias espécies do gênero *Fusarium* podem causar quadros de murcha e podridão seca na cultura da batata (Quadro 5).

Quadro 5. Principais espécies de *Fusarium* associadas à cultura da batata.

Doença	Espécies
	<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>tuberosi</i> Snyder et Hansen.
	<i>Fusarium eumarti</i> C.W. Carp (Sin. <i>Neocosmospora solani</i> Mart.) L. Lombard & Crous)
Murcha de Fusarium	<i>Fusarium javanicum</i> Koord. <i>Fusarium avenaceum</i> (Fr : Fr.) Sacc Teleomorfo <i>Gibberella avenacea</i> R.J. Cooke
	<i>Fusarium sambucinum</i> Fuckel <i>Fusarium eumarti</i> C.W. Carp (Sin. <i>Neocosmospora solani</i> Mart.) L. Lombard & Crous)
Podridão seca	<i>Fusarium avenaceum</i> (Fr. : Fr.) Sacc Teleomorfo <i>Gibberella avenacea</i> R.J. Cooke <i>Fusarium caeruleum</i> Lib. ex Sacc.

Fontes: Fungal Database: Acesso: 19.08.21 Index Fungorum: Acesso 23.08.21; Töfoli et al., 2017, Dias et al., 2016.

Ciclo da Doença

As diferentes espécies de *Fusarium* podem permanecer no solo por longos períodos, na forma de clamidósporos ou associada a restos de cultura. Plantios em solos infestados e o uso de sementes contaminadas favorecem a infecção. No campo o fungo penetra através de ferimentos nas raízes e caules e em seguida, coloniza o sistema vascular reduzindo a absorção de água e nutrientes pela planta provocando o sintoma de murcha (MF). O fungo penetra nos tubérculos através de ferimentos causados durante os tratos culturais e colheita, sendo o sintoma de podridão seca observado durante o armazenamento (PS).

A doença é favorecida por temperaturas que variam de 25 a 30°C, umidade relativa em torno de 60-75%, ocorrência de seca, assim como o plantio

em solos ácidos e compactos. Plantas com crescimento excessivo da parte aérea (excesso de nitrogênio) e sujeitas a condições de alta transpiração no campo apresentam tendência de serem mais suscetíveis à doença. Essa pode ainda ocorrer isolada ou em complexo com outras doenças como canela preta e murcha de *Verticillium*. Os ferimentos no sistema radicular e tubérculos provocados por nematóides podem aumentar a incidência e a severidade da doença por criarem portas de entrada para os agentes causais.

A disseminação de *Fusarium* spp. ocorre principalmente através de batata-semente infectada, escorrimento de água de chuva e irrigação, ação de ventos ou através de máquinas, implementos, ferramentas, tubos de irrigação, botas, caixas de colheita e implementos com solo infestado aderido.

Murcha de *Verticillium*

No Brasil, a murcha de *Verticillium* é considerada uma doença em expansão, sendo relatada nos estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio Grande do Sul. Provoca redução significativa no desenvolvimento das plantas, no tamanho dos tubérculos, além de causar perdas na produtividade que variam de 25 a 50 %.

Sintomas

A doença causa murcha progressiva, amarelecimento, seca de folhas e folíolos, escurecimento dos vasos condutores, necroses em caules e morte prematura de plantas. Os primeiros sintomas aparecem entre os 30 e 60 dias após o plantio. A murcha das plantas e a clorose foliar são observadas primeiramente na base da planta e posteriormente evoluem para as partes superiores. Tais sintomas podem estar restritos a um lado da planta, folha ou folíolo. A doença pode ser caracterizada por clorose internerval, enrolamento dos folíolos, necrose nas pontas das folhas e escurecimento do tecido vascular dos caules e estolões. As plantas afetadas produzem tubérculos médios e pequenos podendo apresentar escurecimento vascular semelhante aos caules. No campo a doença geralmente ocorre em reboleiras.

Etiologia

Verticillium dahliae Kleb. Pertence ao Reino Fungi, Filo Ascomycota,

Classe Sordariomycetes, Família: Plectosphaerellaceae. Apresenta micélio hialino septado e ramificado, conídios simples, unicelulares, ovais e hialinos. Esse pode sobreviver por longos períodos no solo associado à matéria orgânica ou através de estruturas de resistência denominadas micro-escleródios. A espécie também é separada em grupos de anastomose sendo o grupo 4 (VCG4) o mais agressivo à batata e outras solanáceas.

Ciclo da Doença

A doença ocorre como resultado do plantio de sementes infectadas ou da presença de inóculo existente pelo solo. *Verticillium dahliae* infecta a planta através das raízes e coloniza o sistema vascular, resultando em uma menor absorção de água e nutrientes. A doença é mais severa em plantas mal nutridas e em situações de estresse favorecida por constantes mudanças climáticas e falta de água. O agente causal pode sobreviver no solo associado à matéria orgânica, na forma de microescleródios e no interior de tubérculos.

A doença é favorecida por temperaturas que variam de 21 a 28° C e alta umidade do solo. Essa pode ocorrer isolada ou em complexo com outras doenças como rizoctoniose, canela preta, murcha de *Fusarium* e nematoides. Assim como para *Fusarium* spp., os ferimentos provocados por nematóides também favorecem a infecção de *V. dahliae* no sistema radicular e tubérculos, podendo

umentar a incidência e a severidade da doença.

A disseminação de *V. dahliae* ocorre principalmente através de batata-semente infectada, escoamento de água de chuva e irrigação e através de máquinas, implementos, ferramentas, tubos de irrigação, botas, caixas de colheita e implementos com solo infestado aderido.

Trata-se de um fungo polífago que pode parasitar mais de 400 hospedeiros incluindo espécies herbáceas anuais (hortaliças, ornamentais, cereais, etc.) e perenes (frutíferas, florestais, etc.). Entre as invasoras suscetíveis *V. dahliae* destacam-se principalmente: figueira-do-inferno (*Datura stramonium* L.), maria-pretinha (*Solanum americanum* Mill), fisális (*Physalis* sp.), joá-vermelho (*Solanum incarceratum* Ruiz & Pav) e jurubeba (*Solanum paniculatum* L.).

A prevenção é a melhor maneira de controlar essa doença potencialmente grave. Práticas que evitem a entrada do patógeno na área e medidas integradas de controle devem ser observadas com rigor.

Mofo Branco

O mofo branco ocorre em áreas intensamente cultivadas e sujeitas à alta umidade e temperaturas amenas. A doença encontra as condições favoráveis para o seu desenvolvimento nas safras de inverno, sendo frequente a sua ocorrência em áreas de pivô central infestadas.

Sintomas

Os sintomas da doença se caracterizam por lesões úmidas, recobertas de micélio branco e escleródios negros que afetam folhas e hastes. As lesões nas hastes podem anelar culminando com a murcha e morte das mesmas. A doença causa também a destruição da medula interna do caule que se torna parda e repleta de escleródios negros no seu interior. Os escleródios são estruturas de resistência que podem germinar e produzindo micélio ou apotécios em condições específicas.

Etiologia

Sclerotinia sclerotiorum (Lib.) de Bary) pertence ao Reino Fungi, Filo Ascomycota, Classe Leotiomycetes, Ordem Helotiales, família Sclerotiniaceae. Apresenta micélio vigoroso de coloração branca e produz estruturas de resistência denominadas escleródios. Estes são grandes (10-20 mm de diâmetro), lisos, com formatos que variam do arredondado ao irregular. Os escleródios, além de germinarem diretamente no solo produzindo micélio, possuem a capacidade de produzir apotécios em condições específicas, relacionados ao ascomiceto *Peziza sclerotiorum*, fase teleomórfica do patógeno.

Ciclo da doença

A formação de micélio a partir dos escleródios ocorre em condições de alta umidade e temperaturas na faixa de 21 a 25 °C. Esse cresce na superfície do

solo, colonizando inicialmente folhas senescentes próximas do solo, e em seguida os tecidos saudáveis. Os apotécios, por sua vez, são corpos de frutificação semelhantes a pequenos cogumelos, que produzem milhões de ascósporos que são ejetados e, em seguida, dispersos pelo vento ou água. Esses, em contato com a planta, germinam e dão início à infecção. Os ascósporos podem sobreviver por até duas semanas antes de iniciar uma infecção. Os apotécios são produzidos em condições de alta umidade e temperaturas em torno de 11 a 20°C. Os escleródios podem sobreviver no solo por períodos de 6 a 8 anos, sendo a sua sobrevivência intimamente relacionada com o tipo de solo, pH, cultura anterior, sua localização no perfil do solo, umidade, temperatura e de presença de micro-organismos que causam sua degradação.

S. sclerotiorum tem um amplo espectro de plantas hospedeiras (cultivadas e invasoras) sendo relatada em mais de 350 espécies. A sua disseminação ocorre principalmente através de batatas semente infectada, água de chuva e irrigação, e através de máquinas, implementos, ferramentas, tubos de irrigação, botas, caixas de colheita e implementos com solo infestado aderido.

Olho pardo

O olho pardo é uma doença relatada apenas no Brasil, sendo sua ocorrência mais comum em áreas de cerrado. A doença pode afetar de forma significativa o aspecto visual e o valor comercial dos tubérculos.

Sintomas

Nos tubérculos, as lesões são irregulares levemente depressivas e de coloração parda a negra (Figura 34). O centro dessas podem ser mais claras e estarem recobertas por conidióforos e conídios do fungo. A associação do olho pardo com outros patógenos como *Helminthosporium solani*, *Fusarium* spp., *Pectobacterium* spp. e *Dikeya* spp., pode aumentar as perdas durante o armazenamento e a comercialização.

Etiologia

O ascomiceto *Calonectria brassicae* (Pamwar & Bohra) Lombard, M.J. Wingf. & Crous. (Sin. *Cylindrocladium clavatum* Hodges & L.C. May) pertence ao Reino Fungi, Filo Ascomycota, Classe Sordariomycetes, Ordem Hypocreales e Família Nectriaceae. Possui conídios cilíndricos, hialinos e uni-septados com 37,6-47,9 x 3,4-5,6 µm de diâmetro (Figura 35).

Ciclo da doença

O gênero *Calonectria* agrupa parasitas facultativos que, devido à capacidade de produzir micro-escleródios, tanto em meio de cultura artificial, como no solo e sobre os hospedeiros, sobrevivem às mais adversas condições ambientais. As estruturas infectivas germinam e penetram diretamente pelas lenticelas presentes na superfície dos tubérculos, não sendo necessária a existência de ferimentos.

O olho pardo é favorecido por temperaturas ao redor de 25°C e alta umidade do solo. O processo infeccioso ocorre no campo, porém os sintomas, na maioria das vezes, são observados somente na fase de pós-colheita. A doença é observada com maior frequência em solos de cerrado, sendo mais comum em áreas cultivadas anteriormente com soja, amendoim, ervilha, pimentão, pimenta e mandioca que também são hospedeiras do patógeno.

A disseminação de *C. brassicae* ocorre principalmente através de batata-mente infectada e através de máquinas, implementos, ferramentas, tubos de irrigação, botas, caixas de colheita e implementos com solo infestado aderido.

Podridão Aquosa

A podridão aquosa tem apresentado importância crescente nas regiões Sul e Sudeste podendo causar danos significativos na pré-emergência, durante o ciclo vegetativo e na pós-colheita. A doença tem ocorrência mundial sendo encontrada na América do Norte (Estados

Unidos, Canadá), América do Sul (Brasil, Peru), América Central (Guatemala, Panamá) Europa (Reino Unido, Grécia, Suécia), Ásia (China, Índia, Coreia, Malásia), África (Quênia, Zimbábue) No Brasil, a podridão aquosa foi observada pela primeira vez em 2006, no estado de São Paulo. Acredita-se que a doença tenha sido introduzida através de batata-mente contaminada.

Sintomas

Os sintomas iniciais são caracterizados por pequenas lesões escuras que se observam sobre a superfície dos tubérculos. Os tubérculos afetados apresentam apodrecimento generalizado e frequentemente eliminam um vazamento aquoso, sem odor fétido. Quando cortados, assumem rapidamente uma coloração negra (Figura 36). A doença pode ainda gerar morte de brotos, estandes irregulares devido à baixa emergência e, em algumas circunstâncias, pode causar o apodrecimento completo do sistema radicular, murcha progressiva e a morte de plantas no campo. A doença pode também provocar sérios prejuízos no armazenamento e na comercialização.

Etiologia

Globisporangium spp. pertencem ao Domínio Eukaryota, Reino Chromista, Filo Oomycota, Classe Oomycetes, Ordem Peronosporales e Família Pythiaceae. Apresentam micélio cenocítico (sem septos), vigoroso

e crescimento radial em meio de cultura. Os esporângios são globosos e se formam em esporangióforos de crescimento indeterminado. Caracteriza-se ainda pela presença de estruturas de reprodução sexuada denominadas oogônios (gametângios femininos) e anterídios (gametângios masculinos). Após o contato gametangial ocorre a formação dos oósporos, estruturas arredondadas de parede dupla, que atuam como estruturas de resistência do patógeno que podem permanecer viáveis por longos períodos. As estruturas de reprodução assexuada são chamadas zoosporângios, que abrigam os zoósporos biflagelados.

Segundo a literatura, a doença pode ser causada por diversas espécies do gênero *Globisporangium* tais como: *Globisporangium ultimum* (Trow) Uzuhashi, Tojo & Kakish (*Pythium ultimum* Trow); *Globisporangium splendens* (Hans Braun) Uzuhashi, Tojo & Kakish. (Sin. *Pythium splendens* Hans Braun); *Globisporangium sylvaticum* (W.A. Campb. & F.F.Hendrix) Uzuhashi, Tojo & Kakish. (Sin. *Pythium sylvaticum* W.A. Campb. & F.F. Hendrix); *Globisporangium debaryanum* (R. Hesse) Uzuhashi, Tojo & Kakish (Sin. *Pythium debaryanum* var. *debaryanum* R. Hesse); *Globisporangium irregulare* (Buisman) Uzuhashi, Tojo & Kakish (Sin. *Pythium irregulare* Buisman); *Pythium aphanidermatum* (Edson) Fitzp, e *Pythium deliense* Meurs. No Brasil, a podridão aquosa tem sido associada às espécies *Globisporangium* sp. e *G. irregulare*.

A maioria das espécies citadas possuem um grande número de hospedeiros, o que dificulta o seu manejo através da rotação de culturas.

Ciclo da doença

A doença é favorecida por solos ácidos, compactos, úmidos e temperaturas que variam de 16 a 32°C.

Globisporangium spp. pode sobreviver no solo, mantendo-se na forma de oósporos ou colonizando restos de cultura. A germinação dos oósporos de origem sexuada ou liberação de zoósporos na solução do solo permite que o patógeno atinja o hospedeiro e iniciem o processo infeccioso dando início a novos ciclos da doença. A principal forma pela qual o patógeno invade os tubérculos é através de ferimentos durante os tratos culturais ou durante a colheita. A disseminação ocorre principalmente através de batata-semente infectada, água de chuva e irrigação, ação de ventos e através de máquinas, implementos, ferramentas, tubos de irrigação, botas, caixas de colheita e implementos com solo infestado aderido.

Manejo

O manejo de doenças causadas por fungos e chomistas na cultura da batata deve ser baseado no planejamento e no uso integrado de diferentes medidas e estratégias de controle com os objetivos de obter níveis competitivos de produção e qualidade de forma eficiente, econômica e sustentável.

Controle cultural

O controle cultural é a base para a defesa e controle de doenças na cultura da batata. As práticas culturais visam proporcionar condições ideais para que a cultura alcance o seu maior potencial produtivo, e ao mesmo tempo evite a introdução e a evolução de doenças no campo.

A adoção e o gerenciamento adequado de boas práticas agrícolas, o planejamento detalhado e a execução adequada de todo processo produtivo contribuem para limitar a disseminação, a sobrevivência e o processo infeccioso, contribuindo de forma contínua para a redução do impacto negativo das doenças.

● Escolha do local de plantio

Ao escolher uma área para o cultivo de batata deve-se analisar: o histórico da área; verificar as doenças mais comuns na região e avaliar as condições climáticas que as favorecem. Sempre que possível, optar por áreas livres de patógenos, principalmente os de solo, que por possuírem estruturas de resistência (escleródios, clamidósporos) podem permanecer viáveis por longos períodos nas áreas de cultivo. Deve-se evitar o cultivo em áreas onde houve cultivo recente de batata e outras solanáceas como tomate, berinjela, pimentão, pimentas, fumo, etc. Sempre que possível escolher áreas que estejam em repouso ou tenham sido cultivados nos últimos anos com gramíneas.

Deve-se também evitar o plantio em áreas sujeitas ao acúmulo de umidade e baixa circulação de ar como baixadas, fontes de água (açudes, riachos e lagoas), matas, linhas de árvores etc. Esses locais são mais vulneráveis a ocorrência de nevoeiros, acúmulo de água no solo e a lenta dissipação do orvalho, o que pode favorecer o desenvolvimento de doenças foliares e do solo.

O plantio deve ser realizado preferencialmente em áreas com alta luminosidade, planas, ventiladas e bem drenadas. O solo deve ser profundo, bem estruturado, aerado, livres de compactação, com baixa salinidade e apresentar fertilidade média a alta.

Em locais expostos a ventos excessivos recomenda-se a utilização de quebra-ventos a certa distância com o objetivo de reduzir o atrito entre as plantas, evitando assim microferimentos que possam ser portas de entrada para patógenos.

Para dificultar a disseminação de patógenos entre diferentes campos recomenda-se também evitar a instalação de novas áreas próximas a cultivos em pleno desenvolvimento ou em final de ciclo.

● Épocas de plantio

Sabe-se que as condições climáticas interferem diretamente na ocorrência de doenças. Tal fato, faz com que cada patossistema ocorra com maior intensidade em determinadas épocas do

ano. Considerando-se que o cultivo da batata é realizado praticamente o ano todo, quando possível, deve-se adequar o planejamento da produção de forma a realizar o plantio em épocas menos favoráveis à ocorrência das doenças mais limitantes na região.

● **Batatas-sementes sadias**

As batatas-sementes são importantes veículos de introdução e disseminação de patógenos na cultura da batata (Quadro. 6) O uso de sementes sadias, legais e de origem conhecida (certificadas), tratadas com fungicidas ou produtos biológicos, é fundamental para a obtenção de cultivos com baixos níveis de doença e alto potencial produtivo. Além disso, é uma das medidas mais efetivas para evitar a entrada de novas doenças na propriedade, estado ou país.

A aquisição ou importação de batatas-sementes no mercado deve priorizar empresas idôneas que adotem critérios técnicos e fitossanitários rigorosos. Essas devem possuir alto potencial de brotação e níveis de tolerância aceitáveis para cada patógeno, em função da sua classificação (Quadro 7).

Para a produção de batatas-sementes sadias (tubérculos e mini tubérculos) adotar sempre medidas de

controle preventivas como: escolha de área adequada para produção; preparo adequado de solo e/ou substrato; adubação equilibrada; tratamentos fitossanitários criteriosos; uso de água de irrigação de boa qualidade (livre de patógenos); evitar irrigações excessivas; eliminar e destruir plantas doentes (erradicação) e controle de invasoras e hospedeiros alternativos no interior do cultivo e nas proximidades da área de produção ou estufas.

No caso específico de cultivo protegido para produção de mini tubérculos deve-se dar preferência ao uso de lonas e coberturas anti-UV pois, além de maior durabilidade, podem dificultar e/ou impedir a esporulação de fungos do gênero *Alternaria* e *Botrytis cinerea* reduzindo a possibilidade de contaminação. O manejo correto das cortinas e uso de ventiladores é muito importante para favorecer a circulação de ar no interior das estufas evitando o acúmulo de umidade excessiva na superfície das folhas e do substrato. Recomenda-se ainda, o uso de substrato livre de patógenos, a eliminação de restos culturais, a limpeza completa das estufas, com lavagem e desinfestação rotineira de bancadas, bandejas, ferramentas, implementos e botas com formaldeído a 4% ou hipoclorito de sódio a 5%.

Quadro 6. Fungos e chromistas (oomicetos e cercozoário) transmitidos por batatas-sementes.

Hospedeiro	Reino	Classificação	Patógenos
Batata <i>Solanum tuberosum</i>	Fungi	Fungos	<i>Alternaria</i> spp. <i>Rhizoctonia solani</i> <i>Helminthosporium solani</i> <i>Fusarium</i> spp. <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> <i>Calonectria brassicae</i> <i>Verticillium dahliae</i>
	Chromista	Oomiceto	<i>Phytophthora infestans</i> <i>Globisporangium</i> spp.
		Cercozoário	<i>Spongospora subterranea</i>

Quadro 7. Níveis de tolerância em porcentagem de tubérculos, atacados por fungos não quarentenários, produzidos, importados e comercializados no país. Adaptado de instrução normativa MAPA 32/ 2012 – Anexo 1.

Categoria	Batata-semente básica ¹				Batata-semente certificada ²		Batata-semente não certificada ³
	Geração						
Patógenos	G0	G1	G2	G3	C1	C2	S1 e S2
Rizoctoniose 4 <i>Rhizoctonia solani</i>	0	5			10	10	10
Sarna Prateada 5 <i>Helminthosporium solani</i>	0	5			10	10	10
Sarna pulverulenta 4 <i>Spongospora subterranea</i>	0		1		1	1	1
Olho Pardo 4 <i>Cylindrocladium</i> spp.	0		1		2	2	3
Olho preto <i>Fusarium solani</i> f.sp. <i>eumartii</i>	0		0		0	0	0
Requeima <i>Phytophthora infestans</i>	0		1		3	5	5
Pinta-preta <i>A. grandis</i> e <i>A. alternata</i>	0		3		5	7	7
Podridão seca 6 <i>Fusarium</i> spp.	0		2		2	3	3
Podridão aquosa 6 <i>Globisporangium</i> spp. (sin. <i>Pythium</i> spp).	0		1		1	2	2

1. Batata-semente básica

Básica G0 (muda, planta in vitro e mini tubérculo);
Básica G1 (primeira colheita a campo);
Básica G2 (segunda colheita a campo);
Básica G3 (terceira colheita a campo);

2. Batata-semente certificada

C1 - Certificada de primeira geração (quarta colheita a campo);
C2 - Certificada de segunda geração (quinta colheita a campo).

3. Batata-semente não certificada

S1 - Semente não certificada de primeira geração
S2 - Semente não certificada de segunda geração

4. Será considerado infectado quando o sintoma ultrapassar 1/3 da superfície do tubérculo.

5. Será considerado infectado quando o tubérculo apresentar mais de 1/3 da sua superfície com lesão prateada e murcha.

6. Exceto para pragas quarentenárias ausentes.

● **Preparo adequado do solo**

As práticas de subsolagem, aração e gradagem devem ser realizadas com o objetivo de preparar o solo para o plantio e proporcionar condições para o pleno desenvolvimento do sistema radicular e crescimento dos tubérculos. Além do preparo correto as operações devem ser realizadas de forma a evitar a formação de áreas de compactação que possam dificultar o escoamento de água e favorecer a ocorrência de patógenos pelo acúmulo de umidade nas camadas superficiais do solo. Entre as doenças que podem ser favorecidas pelo acúmulo de umidade nas camadas superficiais do solo destacam-se: a requeima, a podridão aquosa, a sarna pulverulenta, a rizoctoniose, a fusariose e o mofo branco. A eliminação de possíveis áreas compactas (“pés de grade”) aumenta a permeabilidade do solo, contribuindo para o escoamento de água para as camadas mais profundas, desfavorecendo o desenvolvimento de doenças.

● **Cuidados no plantio**

O plantio manual ou mecanizado deve ser realizado de forma cuidadosa com o objetivo de evitar ferimentos às batatas-sementes que possam servir de portas de entrada para patógenos.

● **Espaçamento entre plantas**

O acúmulo de umidade na superfície das folhas, associado à baixa circulação de ar entre as plantas,

favorece o desenvolvimento da maioria das doenças em batata. Assim sendo, em épocas muito favoráveis deve-se evitar a adoção de plantios adensados com o objetivo de evitar o acúmulo de umidade na folhagem, na base das plantas e na superfície do solo. O arejamento das plantas também favorece uma maior penetração dos fungicidas na folhagem favorecendo o controle de doenças foliares.

● **Adubação equilibrada**

A nutrição das plantas deve ser realizada com base na análise de solo e tecidos foliares, visando a obtenção de plantas vigorosas, sadias e com alto potencial produtivo. A disponibilização correta dos nutrientes em função das fases de desenvolvimento da cultura e necessidades da planta, também pode contribuir para o manejo de doenças na cultura.

Solos ácidos favorecem a ocorrência de doenças de solo como a fusariose, o mofo branco, a murcha de *Verticillium* e a rizoctoniose. A correção do pH a 6,0-6,5 é fundamental para o manejo dessas doenças. O nível de pH superior a 7 pode reduzir a podridão aquosa, no entanto esse aumento pode causar problemas de disponibilidade de fósforo, manganês, zinco, ferro e cobre.

O nitrogênio (N) desempenha papel fundamental na planta, sendo participante da composição de inúmeras macromoléculas, enzimas, aminoácidos e proteínas. Níveis elevados de N

originam tecidos mais tenros e sensíveis à requeima, rizoctoniose, mofo branco, fusariose e podridão aquosa. Além disso, o crescimento excessivo da parte aérea favorece o acúmulo de umidade na folhagem e reduz a circulação de ar entre as plantas, criando condições altamente favoráveis à maioria das doenças. Por outro lado, cabe destacar que níveis baixos de N e matéria orgânica no solo podem tornar as plantas mais suscetíveis a *Alternaria* spp. A migração precoce de N das folhas basais para nutrir as superiores, permite que essas entrem em processo de senescência antecipada favorecendo então o desenvolvimento da pinta preta.

A pesquisa tem observado que níveis adequados de fósforo, potássio, cálcio, cobre, magnésio, manganês e silício na planta de batata podem reduzir a severidade de várias doenças como a requeima, a pinta preta, a rizoctoniose, a fusariose, murcha de *Verticillium* e a podridão aquosa. O fósforo (P) desempenha papel fundamental na síntese energética da planta, enquanto que o potássio (K) atua no movimento estomático, fotossíntese, translocação, ativação enzimática, conferindo resistência às plantas. O cálcio (Ca) atua diretamente na estrutura da célula, sendo um dos principais componentes da parede celular. A sua deficiência pode favorecer a penetração de diferentes patógenos na planta. Além de participar em várias reações no metabolismo da planta o magnésio (Mg) é o átomo central da molécula de clorofila nas

folhas. A sua deficiência pode favorecer o amarelecimento e senescência precoce das plantas, tornando-as mais suscetíveis à pinta preta. O cobre (Cu) é essencial para o desenvolvimento das plantas e também as protege de doenças fúngicas e bacterianas. A utilização do silício na cultura da batata contribui para o seu bom desenvolvimento, incluindo o aumento na produtividade e maior resistência a estresses bióticos e abióticos. O silício atua tornando as paredes celulares mais resistentes e ativando os mecanismos de defesa da planta, com a produção de compostos fenólicos, lignina e fitoalexinas.

Apesar de apresentar controle difícil a sarna pulverulenta também pode ser influenciada pela nutrição das plantas. Trabalhos de pesquisa têm demonstrado que a adição de fontes de cálcio, enxofre e zinco no solo também podem reduzir a severidade da doença. O enxofre (S) desempenha funções essenciais para as plantas, como a formação dos aminoácidos e atua diretamente em processos metabólicos da fotossíntese. O zinco (Zn) é um micronutriente essencial para o crescimento e reprodução, participando diretamente da síntese de proteínas, carboidratos, hormônios, fitoalexinas, etc.

O uso de nitrogênio amoniacal de lenta liberação e níveis adequados de manganês (Mn), cobre e zinco podem reduzir a severidade da murcha de *Verticillium* e pinta preta. O manganês é conhecido por ser um ativador das enzimas de crescimento e participa

diretamente na formação da clorofila.

Registrados como fertilizantes, os fosfitos têm sido utilizados com frequência na cultura da batata. Além de fonte de nutrientes, podem atuar inibindo diretamente a requeima e a podridão aquosa (ação fungicida) e ao mesmo tempo estimular a produção de fitoalexinas, compostos capazes de induzir resistência a doenças. Além de atuarem na folhagem, os fosfitos podem reduzir a ocorrência de doenças nos tubérculos, devido sua sistemicidade basipetal (movimentação descendente – da folhagem para o sistema radicular da planta).

Pesquisa recente realizada no Canadá demonstrou que a aplicação foliar de selênio reduziu de forma significativa a severidade da requeima na cultura da batata. Acredita-se que o mineral atue, ao mesmo tempo, como inibidor do patógeno e ativador dos mecanismos de defesa da planta.

A adubação verde, por sua vez, consiste no plantio e incorporação de gramíneas ou leguminosas em sistema de rotação, em campo aberto e estufas, com os objetivos de: fixar nitrogênio (leguminosas); adicionar matéria orgânica; melhorar a estrutura física do solo e reciclar nutrientes. A prática permite o aumento do teor de matéria orgânica no solo e favorece o desenvolvimento de uma microflora benéfica que, ao competir por alimento e espaço, pode reduzir a

população de patógenos no solo. Além disso, a decomposição do adubo verde e esterco curtido liberam compostos que podem reduzir a capacidade competitiva de fungos e chromistas.

● Rotação de culturas

Deve-se evitar o plantio sucessivo de gêneros botânicos semelhantes e suscetíveis a um mesmo patógeno na mesma área de cultivo. A rotação de culturas, por no mínimo três a quatro anos, é essencial para reduzir o potencial de inóculo de doenças foliares, como a requeima e a pinta preta. Para doenças de solo, esse período pode variar de 4 a 10 anos, devido à presença de estruturas de resistência que podem perpetuar a doença na área por longos períodos. O cultivo sucessivo de hospedeiros suscetíveis, em uma mesma área, pode fazer com que o potencial de inóculo, de um determinado patógeno aumente a ponto de inviabilizar o seu cultivo econômico. A rizoctoniose, a sarna prateada, a fusariose, a sarna pulverulenta, o mofo branco e a murcha de *Verticillium* são exemplos típicos dessa problemática no cultivo da batata. Cabe destacar, que quanto maior for o grau de infestação em determinada área, maior deve ser o período de rotação. Recomenda-se optar sempre por uma cultura econômica ou adubo verde que não seja hospedeira ao patógenos que se queira reduzir o potencial de inóculo.

● Irrigação controlada

As regas devem ser realizadas de forma racional de forma a interagir com as chuvas regulares e prover a quantidade adequada de água para os diferentes estágios de desenvolvimento da cultura da batata. Sabe-se que a falta ou o excesso de água durante as fases de crescimento vegetativo, floração e formação de tubérculos pode gerar estresse às plantas, tornando-as mais sensíveis a ocorrência de doenças.

Evitar longos períodos de molhamento foliar e umidade no solo é fundamental para o manejo de doenças na cultura da batata. Para tanto, deve-se: evitar irrigações noturnas ou em finais de tarde e reduzir o tempo e a frequência das regas em períodos favoráveis a doenças.

Em sistemas de pivô central deve-se observar atentamente as plantas nas áreas próximas a torre e áreas de trilhas das rodas que tendem a se manter úmidas ou molhadas por mais tempo do que as áreas mais distantes da base. Devido ao acúmulo de umidade essas áreas são mais expostas e suscetíveis a ocorrência de doenças.

Recomenda-se que as regas sejam equilibradas de forma a evitar que o excesso de água escorra pela superfície do solo propiciando a disseminação de fungos e cromistas:

A adoção de irrigação localizada pode ser um importante aliado no manejo de doenças foliares, por reduzir

o tempo de molhamento foliar e reduzir a disseminação de inóculo na cultura.

A qualidade de água de irrigação também é determinante para o manejo de doenças, uma vez que muitos patógenos podem ser disseminados pela água. Os reservatórios utilizados para irrigação não devem receber o escoamento de água de campos infestados. Quando não for possível, a água de irrigação deve ser retirada da superfície, pois os esporos e estruturas de resistência de patógenos tendem a se decantar no fundo dos reservatórios.

● Tratos culturais

Os tratos culturais durante o ciclo da cultura devem ser cuidadosos de forma a evitar ferimentos nas plantas (folhas, caules e tubérculos) que possam servir de portas de entrada de patógenos.

● Fontes de inóculo

A redução de fontes de inóculo é fundamental e estratégica para o manejo de doenças na cultura da batata. Nesse contexto, recomenda-se a eliminação e a destruição de restos culturais, descartes de tubérculos e de batatas-sementes contaminadas. Indica-se ainda, o controle de plantas voluntárias para evitar que venham a ser focos potenciais de vários patógenos. A eliminação dessas plantas pode ser mecânica ou química pelo uso localizado de herbicidas.

● **Controle de plantas invasoras**

O controle criterioso de invasoras é recomendável, pois além de concorrerem por espaço, luz, água e nutrientes, essas podem ser hospedeiras alternativas de patógenos críticos para a cultura. Destaca-se também que a presença de invasoras pode dificultar a dissipação da umidade e a circulação de ar de interior da folhagem,

condições essas altamente favoráveis ao desenvolvimento de doenças (foliares e solo). Populações elevadas de invasoras podem ainda dificultar a cobertura adequada da folhagem de batata por fungicidas podendo causar falhas no controle.

● **Mapeamento de áreas infestadas e rotina de trabalho.**

Para doenças de solo o mapeamento de áreas infestadas visa restringir a movimentação de máquinas e pessoas desses campos para áreas livres de patógenos na propriedade com o objetivo de reduzir a disseminação de patógenos. Com esse objetivo recomenda-se que as operações de campo sejam realizadas primeiramente nas áreas livres de doenças e finalizadas nas áreas contaminadas.

● **Medidas de higiene**

O uso de medidas sanitárias como: lavar e desinfestar rotineiramente as mãos, luvas, roupas, ferramentas, implementos agrícolas, tubos de irrigação, veículos, botas e caixas de colheita são fundamentais para evitar a

entrada e a disseminação de patógenos na propriedade. Tubérculos descartados na pós-colheita e armazenamento devem ser enterrados distantes de fontes de água e áreas de intensa circulação a uma profundidade de 1,5 a 2,0 m para evitar a emergência de plantas voluntárias.

● **Vistoria**

A inspeção constante de todo o processo produtivo facilita a identificação de possíveis focos de doença, agiliza a tomada de decisões e contribui para reduzir o potencial de danos e perdas causadas por doenças na cultura da batata. A frequência das inspeções deve ser maior após o fechamento da cultura, após ocorrência de chuvas e alternância de períodos frios e quentes (mínimo de duas por semana).

● **Colheita e pós-colheita**

A colheita deve ser iniciada cerca de 10 a 15 dias após a dissecação da parte aérea para que a pele do tubérculo se fortaleça e se torne resistente. O revolvimento do solo e a exposição dos tubérculos deve ser cuidadosa e gerenciada de forma a evitar que a colheita seja realizada com solo muito úmido e que ocorram ferimentos que possam ser portas de entrada para fungos e cromistas. Os tubérculos devem ser armazenados secos, limpos, e estarem livres de ferimentos, podridões e lesões necróticas. Tubérculos para a indústria necessitam de umidade controlada e temperaturas que variam de 10 a 13°C para evitar o crescimento

de microrganismos. Nesse caso, deve-se evitar temperaturas inferiores a 10°C, pois essas favorecem o acúmulo de açúcares redutores que causam o escurecimento do produto após a fritura. Para batatas-sementes a temperatura do ar na câmara fria deve ser próximo a 3 ou 4° C na superfície do tubérculo, umidade relativa de 85%, e no máximo 0,5% de CO₂. O acompanhamento dos tubérculos durante o armazenamento deve ser feito com frequência para verificar a sanidade dos mesmos. A remoção de material doente é fundamental para evitar a propagação e disseminação de doenças por todo lote.

Os armazéns, câmaras frias devem ser limpas e desinfestadas com uma solução de hipoclorito sódico (1 % de cloro ativo) ou amônio quaternário a 4 %. As lavadoras e esteiras de classificação também devem ser limpas e elevadas com frequência. No caso de solução de hipoclorito de sódio está deve ter pH entre 6,0 e 7,0 para evitar corrosão dos equipamentos.

Controle genético

O uso de variedades resistentes está entre os meios mais eficazes e ambientalmente seguros de controlar doenças de plantas. É caracterizado pela incompatibilidade, em maior ou menor grau, entre o patógeno e hospedeiro impedindo ou dificultando o estabelecimento e o desenvolvimento da doença na planta. Representa o método mais econômico e abrangente, porém é restrito, uma vez que nem sempre é viável aliar estética, produtividade e

exigências de mercado a elevados níveis de resistência.

O uso de variedades resistentes ou tolerantes é especialmente importante para os patógenos que não são controlados de forma eficiente por medidas convencionais de controle. A maioria das cultivares de batata com algum nível de resistência a determinada doença, geralmente apresentam graus de resistência que podem variar em relação a diferentes raças do patógeno. Cabe destacar também que a resistência de uma cultivar pode variar em função das condições climáticas, estado nutricional das plantas, etc. Mesmo que o nível de resistência não seja elevado e exija a aplicação de fungicidas, esse material deve ser priorizado, pois ao retardar o aparecimento e a evolução da doença no campo será necessário um número menor de aplicações para um nível satisfatório de controle. Dados de literatura exemplificam que cultivares moderadamente resistentes à requeima foram capazes de atrasar o início da doença no campo em até 20 dias em relação às cultivares moderadamente suscetíveis e suscetíveis.

A consulta periódica a catálogos de empresas de batatas-sementes, além de trazer informações sobre as novas introduções pode auxiliar na escolha dos materiais mais indicados para cada situação. Pesquisadores, profissionais do setor, consultores e o serviço de extensão regional também são importantes aliados na obtenção dessas informações (Quadro 8).

Quadro 8. Cultivares de batata com diferentes níveis de resistência a doenças causadas por fungos e cromistas.

Doença	Cultivares
<p>Requeima <i>P. infestans</i></p>	<p>Resistentes: Ibituaçú, Itararé, Araucária, Cristal, Pérola, Catucha, BRS Clara, IAPAR Cristina, Monte Alegre 172, SCS 365 – Cota, SCS376 Joaquina, SCS377 Paulina, IAC Obelix</p> <p>Moderadamente resistentes: Crebella, Apuã, Aracy e Aracy Ruiva, Cristina, Cristal, Naturella, Panda, IAC Granada</p> <p>Moderadamente suscetíveis: BRS Ana, BRS Eliza, BRS Camila, Baraka, Baronesa, Caesar, Emeraude, Florice, Itararé, Innovator, Markies, Marlen, Melody, Soleia, Oceania, Voyager, Colorado, Novella, BRSIPR Bel, BRS F183 (Potira)</p> <p>Suscetíveis: Ágata, Almera, Arrow, Armada, Artemis, Asterix, Atlantic, Amorosa, Bailla, Bintje, Canelle, Chipie, Contenda, Cupido, Delta, Elodie, Eole, Éden, Fontane, Gourmandine, Gredine, Isabel, Monalisa, Maranca, Mondial, Omega, Opilane, Isabel, El Paso, Chipie e Sinora.</p>
<p>Batata <i>S. tuberosum</i></p> <p>Pinta preta <i>Alternaria</i> spp.</p>	<p>Resistentes: Ibituaçú, Aracy, Aracy Ruiva, Apuã, Éden, Monte Alegre 172, Catucha, IAC Axel.</p> <p>Moderadamente resistentes: APTA 16.5, Asterix, Catucha, Cupido, Itararé, Delta, Eliza, Novella, APTA 21.54, Baronesa, Baraka, Itararé, BRS Ana, BRS Clara, Cristal, SCS 365 – Cota, Bel Amorosa, Armada, El Paso, Fontane, BRSIPR Bel, Innovator, Maranca, Marlene, Sinora, IAC Granada, BRS F183 (Potira).</p> <p>Moderadamente suscetíveis: Atlantic, Asterix, Monalisa, BRAS Camila, Melody, Vivaldi, Caesar, Colorado, e APTA 12.5., SCS376 Joaquina.</p> <p>Suscetíveis: Ágata, Almera Arrow, Bintje, Markies, Vivaldi, Mondial, Macaca, SCS377 Paulina.</p>
<p>Rizoctoniose <i>R. solani</i></p>	<p>Tolerantes: Plantio de cultivares com algum nível de tolerância como: Vivaldi, Bailla, Chipie, Colorado, Gredine, Opaline, Soleia, Markies, Voyager, Sinora, Novella e Innovator</p>
<p>Sarna prateada <i>H. solani</i></p>	<p>Tolerante: Ludmila</p>
<p>Olho pardo <i>C. brassicaceae</i></p>	<p>Tolerantes: Caesar, Ibituaçú e Asterix</p>

Controle biológico

O controle biológico de doenças caracteriza-se pela introdução de microrganismos não patogênicos de forma a limitar a ação do patógeno ou aumentar a resistência do hospedeiro. Os mecanismos de ação utilizados por agentes de controle biológico no controle de patógenos de plantas são a competição, a antibiose, o parasitismo e a indução de resistência. Na competição o patógeno e o antagonista disputam o mesmo alimento e espaço para sobreviver, dificultando ou impedindo que as estruturas de infecção do patógeno entrem em contato com a planta, evitando o início da doença. Na antibiose o antagonista produz uma ou mais substâncias que inibem o crescimento ou a reprodução do patógeno no ambiente ou na planta. No parasitismo o antagonista se alimenta do fitopatógeno, tornando-o mais fraco ou até mesmo causando a sua morte. Na indução de resistência, o agente biológico induz o hospedeiro a produzir PR-proteínas e fitoalexinas que o torna capaz de reagir ao patógeno.

Na cultura da batata o uso de formulações de *Trichoderma* spp. aplicadas preventivamente nas sementes, sulco de plantio ou pulverizadas em cultivos recém-emergidos podem reduzir de forma significativa a ocorrência e a severidade de doenças

de solo causadas por patógenos dos gêneros *Fusarium*, *Sclerotinia*, *Globisporagium* e *Rhizoctonia*. Estudos recentes têm demonstrado que linhagens de *Trichoderma harzianum* são eficazes na redução da severidade da requeima nas culturas de batata e tomate. Além de controlar patógenos, *Trichoderma* spp. são capazes de aumentar o crescimento das plantas e o desenvolvimento do sistema radicular, permitindo aumentos significativos no rendimento das culturas e na resistência das plantas a estresses causados por fatores edafoclimáticos desfavoráveis. Para a maioria das linhagens de *Trichoderma* spp. comercializadas no Brasil, a temperatura ideal de crescimento é de $25\pm 2^{\circ}\text{C}$; umidade de $60\pm 10\%$, pH entre 4,5-5,5 e concentração de matéria orgânica acima de 2%.

Algumas formulações de *Bacillus* spp. têm sido testadas pela pesquisa e disponibilizadas no mercado para o controle de vários patógenos em diversas culturas. São microrganismos muito efetivos e versáteis na prevenção e controle de doenças no campo e na pós-colheita, como preventivos, promotores de crescimento e indutores de resistência. Citações sobre o uso de *Bacillus* no controle de doenças da batata encontram-se no Quadro 9.

Quadro 9. Potencialidades do uso de *Bacillus* spp. no controle de doenças causadas por fungos e oomicetos na cultura da batata.

Espécie	Doença	Patógeno	Referência
<i>Bacillus pumillus</i>	Pinta preta	<i>Alternaria</i> spp.	AGROFIT 2021
	Rhizoctoniose	<i>Rhizoctonia solani</i>	BREWER & LARKIN (2005) KHEDHER et al. (2015) AGROFIT (2021)
	Requeima	<i>Phytophthora infestans</i> <i>Helminthosporium solani</i>	KUMBAR et al. (2019)
	Sarna prateada	(armazenamento)	JOHNSON (2007)
<i>Bacillus subtilis</i>	Pinta preta	<i>Alternaria solani</i>	ZHANG et al (2020)
	Mofo branco	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	AGROFIT (2021)
	Murcha de Verticillium	<i>Verticillium</i> sp.	WEISONG et al, (2019)
	Fusariose	<i>Fusarium</i> spp.	KHEDHER et al., (2021)
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	Pinta preta	<i>Alternaria solani</i>	pinta preta
	Requeima	<i>P. infestans</i>	Requeima
	Murcha de Verticillium	<i>Verticillium</i> sp.	Murcha de Verticillium

Produto à base de extrato de *Reynoutria sachalinensis* também tem sido disponibilizado para o manejo da pinta preta na cultura da batata.

Fungicidas

Em sistemas intensivos de produção a inexistência de genótipos comerciais imunes ou com bons níveis de resistência às principais doenças da batata, torna necessário e decisivo o uso integrado de fungicidas para que se alcance níveis competitivos de produtividade e qualidade.

Eficácia, riscos de resistência, efeitos colaterais, fatores econômicos e sociais, e legislações são fatores que devem sempre ser considerados em programas de manejo que visam o uso correto de fungicidas e priorizem a sustentabilidade atual e futura da cadeia produtiva da batata.

As estratégias de controle com fungicidas têm o objetivo de prevenir ou reduzir a ocorrência de doenças no campo. Para isso é necessário que se conheça detalhadamente o potencial de controle desses produtos para que possam alcançar os melhores resultados em programas de aplicação ou sistemas de previsão de doenças. Variáveis como: suscetibilidade das cultivares, condições meteorológicas, estágio fenológico da cultura e momento da aplicação, podem influenciar diretamente a eficiência de controle de um determinado produto.

O uso de fungicidas na cultura da batata pode ser realizado através de pulverizações foliares, tratamento de sementes, aplicação no sulco de plantio, na amontoa e na pós-colheita.

A evolução da proteção química e a inovação científica nas últimas décadas

têm proposto o desenvolvimento de fungicidas cada vez mais seletivos, efetivos em doses baixas, e com modos e mecanismos distintos de ação. Esses se caracterizam por possuir ação rápida absorção e sistemicidade na planta; alto potencial protetor; resistência a ocorrência de precipitações; maior ação residual; e menor risco de selecionar raças resistentes.

Em relação à planta, os fungicidas utilizados para o controle de doenças da batata podem apresentar diferentes níveis de mobilidade:

Fungicidas de contato

Caracterizam-se por formar uma película protetora na superfície tratada (folhas, caules ou tubérculos), que impede a germinação e a penetração dos patógenos. Não apresentam nenhum tipo de ingresso na planta. São em muitas situações produtos com múltiplos sítios de ação e amplo espectro, sendo considerados inespecíficos. Quando utilizados no tratamento da parte área da planta exigem aplicações periódicas e elevada taxa de cobertura, uma vez que somente garantem a proteção do local em que foram depositados ou redistribuídos pela ação da umidade (orvalho ou neblina) ou fase de vapor. São produtos que, por permanecerem na superfície foliar, estão mais sujeitos à ação de lavagem pela ação de chuvas e água de irrigação.

Fungicidas móveis na planta

Esses produtos ao serem aplicados na folhagem, no tratamento de sementes ou nos sulcos de plantio são capazes de penetrar e se translocar nos tecidos da planta. Em relação a sistemicidade os fungicidas podem ser classificados em:

- **Fungicidas mesostêmicos**

Apresentam alta afinidade com a camada cerosa superficial das folhas, podendo apresentar absorção local (ação de profundidade) e se redistribuir na fase de vapor. Não possuem nenhum tipo de movimentação na planta.

- **Fungicidas translaminares**

Caracterizam-se por penetrar e se redistribuir a curtas distâncias no tecido tratado.

- **Fungicidas sistêmicos**

Além de penetrarem nos tecidos, possuem a capacidade de translocar-se pelo sistema vascular e se distribuírem na planta no sentido acropetal (de baixo para cima) e raramente no sentido basipetal (de cima para baixo). Apresentam rápida absorção e períodos maiores de proteção, fato condicionado por fatores como umidade relativa, taxa de respiração da planta, temperatura, taxa de crescimento das plantas, pressão da doença, etc. Diferentemente dos fungicidas translaminares, os sistêmicos apresentam proteção sobre os órgãos formados após a sua aplicação.

Os fungicidas mesostêmicos, translaminares e sistêmicos são produtos seletivos, por apresentarem mecanismos de ação específicos inerentes a grupos restritos de fungos ou cromistas. A aderência à superfície foliar ou mobilidade desses produtos nos tecidos da planta permite que esses possuam significativa ação protetora e diferenciados níveis de ação curativa, antiesporulante, maior efeito residual e resistência às chuvas.

Quanto ao processo infeccioso, os fungicidas podem apresentar:

Ação protetora

Refere-se à capacidade do fungicida em proteger o tecido vegetal quando aplicado antes do processo infeccioso. É uma característica comum a todos os fungicidas, independentemente do seu nível de sistemicidade na planta.

Ação curativa

Aborda à capacidade do fungicida em limitar o desenvolvimento do patógeno, quando aplicado no período latente, ou seja, no intervalo entre a penetração e o aparecimento dos primeiros sintomas. É observada em diferentes níveis nos produtos que apresentam mobilidade na planta.

Ação antiesporulante e erradicante

Trata da capacidade do fungicida em limitar a reprodução ou inviabilizar as estruturas reprodutivas do patógeno. Pode ser observada em fungicidas móveis na planta e de contato, respectivamente.

A eficácia e o potencial de controle de fungicidas pode ainda ser influenciada por outros fatores como:

Ação residual

Mensura o tempo de proteção proporcionado pelo fungicida após a sua aplicação, podendo variar em função da estabilidade da molécula, tenacidade, mobilidade, crescimento da planta e ocorrência de intempéries.

Proteção de novos crescimentos

Refere-se à capacidade do fungicida proteger tecidos formados após a sua aplicação, dada a sua capacidade de se movimentar e se redistribuir na planta.

Proteção de caules

Relaciona-se à efetividade que o produto apresenta para o controle de doenças no caule por seu contato direto ou mobilidade na planta.

Resistência à chuva ou lavagem

Um fungicida é considerado resistente à chuva ou lavagem se depois de sua aplicação aderir de forma significativa na superfície tratada ou ser absorvido pela planta de forma que não tenha sua eficácia reduzida pela ação de chuvas ou água de irrigação.

Entre os fatores que podem influenciar a eficácia de fungicidas no controle de doenças causadas por fungos e chromistas na cultura da batata destacam-se:

Escolha correta do fungicida

Deve-se optar sempre por produtos registrados para a doença a ser controlada, sendo recomendada a adoção de todas as indicações do fabricante quanto à dose; volume; momento da aplicação; periodicidade e número de pulverizações; intervalo de segurança; uso de equipamento de proteção individual (EPI), armazenamento e descarte de embalagens.

Precipitações e água de irrigação

A ocorrência de chuvas é considerada um dos principais fatores climáticos que podem comprometer a eficácia de fungicidas. A quantidade de produto que adere ou é absorvido pela planta e permanece ativa na planta após a ação de chuvas é o que define o controle de uma determinada doença. Entre os fatores que podem influenciar a interação de fungicidas e a ocorrência de chuvas destacam-se: a quantidade, a intensidade e a frequência das precipitações; o tempo de secagem dos depósitos; a formulação do produto; a dose aplicada e o uso de adjuvante, bem como as diferenças estruturais existentes entre as superfícies foliares de diferentes culturas e cultivares.

Tecnologia de aplicação

A tecnologia de aplicação de fungicidas é fator importante no sucesso do controle químico. A má qualidade

na aplicação dos produtos pode comprometer e limitar seriamente a eficácia dos fungicidas. Fatores como umidade relativa do ar, tipo de bicos, volume de aplicação, pressão, altura de barra, velocidade, rotação do motor, regulagem, calibração e manutenção dos equipamentos devem ser considerados com o objetivo de proporcionar cobertura adequada da superfície foliar e da parte interna da folhagem.

Uso racional

O uso de fungicidas na cultura da batata deve seguir todas as recomendações do fabricante quanto à dose, momento oportuno para a aplicação, volume, intervalos, número de pulverizações, uso de equipamento de proteção individual (EPI), intervalo de segurança, armazenamento de produtos e descarte de embalagens. A pesquisa tem disponibilizado aos produtores sistemas de previsão da requeima e pinta preta. Baseados no monitoramento das condições climáticas, eles visam disciplinar a aplicação de fungicidas em função do ambiente. Entre os existentes para requeima destacam-se o BLITECAST, PROPHY, SIMCAST, Negfry, Wallin, enquanto que para pinta preta há o FAST.

Resistência

O risco de ocorrência de resistência a fungicidas está diretamente relacionado às características do patógeno e ao mecanismo de ação do fungicida.

Patógenos policíclicos, com elevada capacidade de esporulação e alto potencial de recombinação gênica aliados ao uso massivo de fungicidas específicos favorecem a seleção de linhagens resistentes. Na cultura da batata, *Phytophthora infestans* é considerado um patógeno com considerável risco de desenvolver resistência a mefenoxam e benalaxil e com médio risco a produtos como dimetomorfe, cimoxanil, fenamidona, ciazofamida e propamocarbe. De maneira geral, o gênero *Alternaria* apresenta baixo risco de selecionar raças resistentes, porém existem relatos da ocorrência de raças resistentes de *A. solani* e *A. alternata* a estrobilurinas e *A. solani* a carboximidas.

Para evitar casos de resistência recomenda-se que os fungicidas específicos sejam utilizados de forma alternada ou formulados com produtos inespecíficos, que se evite o uso excessivo de produtos com o mesmo mecanismo de ação durante o mesmo ciclo cultural e que não se faça aplicações curativas em situações de alta pressão de doença.

Os ingredientes ativos registrados para a cultura da batata no país encontram-se descritos nos Quadros 10, 11 e 12.

Quadro 10 - Ingrediente ativo, grupo químico, mobilidade, mecanismo de ação e risco de resistência de fungicidas indicados para o controle da requeima da batata.

Ingrediente ativo	Grupo químico	Mobilidade na planta	Mecanismo de ação	Risco de resistência**
mancozebe	ditiocarbamatos			
metiram				
oxicloreto de cobre				
hidróxido de cobre	cúpricos	contato	múltiplo sítio de ação	baixo
óxido cuproso				
clorotalonil	cloronitrila			
propinebe	ditiocarbamato			
fluazinam	piridinilamina		fosforilação oxidativa	
zoxamida	benzamida		divisão celular (mitose)	
famoxadona	oxazolidinadiona			
piraclostrobina	estobilurina	mesostêmico	inibição da respiração Complexo III (Qo)	alto
fenamidona	imidazolinona			
ciazofamida	imidazol		inibição da respiração Complexo III (Qi)	médio a alto
cimoxanil	cianoacetamida		desconhecido	baixo a médio
bentiavalicarbe	valinamida			
dimetomorfe	amida do ácido cinâmico	translaminar	biossíntese de fosfolípidios e deposição da parede celular	médio
mandipropamida	mandelamida			
fluopicolida	benzamida		divisão celular (mitose)	
ametoctradina	pirimidilamina		Inibição da respiração Complexo III: citocromo bc1 (ubiquinona redutase) em Qo site, estigmatelina subsite de ligação	médio a alto
metalaxil-M benalaxil	acilalanina		RNA polimerase I	alto
propamocarbe	carbamato		permeabilidade da parede celular	baixo a médio
oxatiapiprolin	piperidinil tiazol izoxazolina	sistêmico	inibição de uma proteína de ligação oxisterol (OSBP)	médio a alto
acibenzolar-s-metil	benzotiadiazol		Produção de PR proteínas	desconhecido

Fontes: AGROFIT*, FRAC ** 21/02/2022

Quadro 11 - Ingrediente ativo, grupo químico, mobilidade na planta, mecanismo de ação e risco de resistência de fungicidas indicados para o controle da pinta preta da batata.

Ingrediente ativo*	Grupo químico	Mobilidade na planta	Mecanismo de ação	Risco de resistência**
mancozebe	ditiocarbamato			
metiram				
oxicloreto de cobre				
hidróxido de cobre	cúprico			
óxido cuproso				
clorotalonil	cloronitrila	contato	múltiplo sítio de ação	baixo
iminocadina	guanidina			
fluazinam	dinitroanilina		fosforilação oxidativa	
famoxadona	oxazolidinadiona			
azoxistrobina				
trifloxistrobina	estrobilurina			
picoxistrobina				
piraclostrobina				inibição da respiração Complexo III (QoI)
crexoxim metílico		mesostêmico		
fenamidona	imidazolinona			
iprodiona	dicarboxamida		síntese de lipídeos	médio a alto
procimidona				
ciprodinil	anilino pirimidina		biossíntese da metionina	
pirimetanil		translaminar		
boscalida	carboxamidas			inibição da respiração Complexo II inibidores da Succinato desidrogenase
fluxapiraxade				
difenoconazol				
tebuconazol				
metconazol	triazol	sistêmico	inibição da síntese de ergosterol	médio
bromuconazol				
tetraconazol				
flutriafol				

Fontes: AGROFIT*, FRAC ** 21.03.22.

Quadro 12. Ingrediente ativo, alvo, mobilidade, mecanismo de ação e risco de resistência dos fungicidas registrados para o controle de doenças do solo na cultura da batata.

Ingrediente ativo*	Alvo	Mobilidade na planta	Mecanismo de ação	Risco de resistência**
pencicuron	rizoctoniose	contato	divisão celular	desconhecido
fludioxonil	rizoctoniose	contato	transdução do sinal	baixo a médio
flutolanil	rizoctoniose	translaminar	inibidor da respiração	médio a alto
trifluzamida	rizoctoniose	sistêmico	inibidor da respiração complexo II	médio
tiofanato metílico	murcha de Fusarium, podridão seca	sistêmico	divisão celular	alto
fluazinam	rizoctoniose mofo branco sarna pulverulenta	contato	fosforilação oxidativa	baixo
procimidona	mofo branco rizoctoniose	translaminar	transdução do sinal	médio a alto
piraclostrobina +metiram	rizoctoniose	translaminar	inibidor da respiração complexo III/ multissítio	alto
boscalida	mofo branco	translaminar	inibidor da respiração complexo III	médio
carboxina +tiram	rizoctoniose	sistêmico/contato	inibidor da respiração/ multissítio	médio
isofetamida	mofo branco	contato/ translaminar	inibidor da respiração complexo II	médio a alto

Fontes: AGROFIT*, FRAC ** 21/03/2022

Sistemas orgânicos

Os sistemas de produção de batata orgânica são caracterizados pela adoção de técnicas ecológicas com objetivos voltados para a qualidade, versatilidade da produção, desenvolvimento socioeconômico e para a preservação do meio ambiente.

Além dos métodos de controle biológico, genético e das práticas culturais preventivas abordadas anteriormente, a produção orgânica apresenta especificidades nas áreas de material genético utilizado, fertilidade do solo, aumento e manutenção da diversidade biológica e manejo das doenças, não sendo permitida a utilização de fertilizantes e produtos fitossanitários de origem química.

O alto potencial destrutivo de doenças como a requeima e pinta preta, entre outras, torna praticamente obrigatório a adoção de genótipos com algum nível de resistência para que a produção orgânica de batatas possa ser viabilizada. Preferencialmente deve-se escolher cultivares que apresentem rápido desenvolvimento e desenvolvam tubérculos precocemente. Essas devem apresentar também baixa necessidade de nitrogênio, ciclo curto e rápido desenvolvimento para que o fechamento precoce da cultura promova a supressão de invasoras. Entre as cultivares com maior potencial para serem utilizadas em sistemas orgânicos destacam-se principalmente: SCS376 Joaquina, IPR Cris, BRSIPR Bel, Itararé, Apuã, Cupido

Cristal, Epagri 361, a BRS Ana e alguns clones avançados como APTA 16.5, APTA 21.54 e IAC 6090. Recentemente foram lançadas as cultivares IAC Turmalina, IAC Axel e IAC Obelix com alto potencial para serem utilizadas em sistemas orgânicos de produção. Para evitar riscos de quebra de resistência de cultivares recomenda-se que o produtor opte sempre pelo cultivo de mais de uma cultivar na safra ou faça cultivo intercalado de diferentes cultivares ao longo das safras.

O solo deve ser corrigido para que a fertilidade natural seja suplementada e exista maiores potencialidades de produção. A calagem através da adição de calcário e o uso de pó de rochas (granito e mármore), devem ser implementadas com a função de corrigir o pH do solo, assim como, fornecer cálcio e magnésio. Para a suplementação de nitrogênio e potássio utiliza-se principalmente a aplicação de húmus, compostos orgânicos curtidos e adubação verde (fixadoras de nitrogênio), entre outras fontes. O fósforo é suplementado basicamente através de fosfatos naturais ou com termofosfatos. A utilização de biofertilizantes, além de fornecer macro e micronutrientes para as plantas, é considerado um método alternativo de controle de doenças e representa uma opção econômica e de baixo impacto ambiental. São produtos obtidos a partir da fermentação aeróbia ou anaeróbia de material orgânico de origem animal e vegetal em meio líquido, em biodigestores. Tais produtos

possuem uma complexa comunidade microbiana composta por bactérias, fungos leveduriformes e filamentosos e actinomicetos (gêneros *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Bacillus*; micorrizas, etc.). Possuem também, grande quantidade de metabólitos produzidos por esses microrganismos. O controle das doenças pode ser resultado tanto da ação direta dos microrganismos e metabólitos sobre os patógenos, como da ação indireta através da ativação do sistema de defesa do hospedeiro. Os biofertilizantes podem ser aplicados nas plantas através de pulverizações nas folhas, tratamento de sementes, regas nos sulcos de plantio, na amontoa, etc.

Para o manejo de patógenos de solo, estudos têm provado que o cultivo de brássicas (canola, colza, rabanete, nabo) e algumas gramíneas (cevada) em rotação ou como adubo verde pode promover a redução de patógenos de solo na cultura da batata. Essas reduções foram atribuídas à produção de compostos voláteis de enxofre, por meio de um processo conhecido como biofumigação, capaz de alterar a comunidade microbiana do solo. Em experimentos realizados em condições controladas e no campo, os compostos voláteis liberados da decomposição de material foliar de brássicas e cevada foram capazes de inibir o crescimento de *Rhizoctonia solani*, *Globisporangium ultimum*, *Fusarium sambucinum*., *Phytophthora erythroseptica* e *Sclerotinia sclerotiorum*.

A solarização, por sua vez, consiste na utilização da energia solar para o controle de patógenos presentes no solo. No cultivo da batata é indicada para os gêneros *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Sclerotinia* e *Globisporangium*. A técnica consiste na cobertura do solo infestado com plástico de polietileno transparente (50 a 150 micras) de forma que a radiação, ao atravessar o plástico, promova o aquecimento do solo causando a eliminação ou redução das populações de fitopatógenos. O tratamento é facilmente aplicável em pequenos espaços de cultivo devendo ser prévio ao plantio. A profundidade de penetração do calor no solo e sua eficácia dependem da incidência de raios solares no período e do tempo de solarização que deve ser de 30 a 60 dias. A eficiência da solarização pode ser potencializada quando associada à incorporação previa de matéria orgânica ou materiais vegetais (brássicas, mamona, eucalipto) ao solo, antes do início do tratamento. O calor proporcionado pela solarização além de inativar estruturas de resistências de patógenos presentes no solo pode acelerar o processo de decomposição dos resíduos orgânicos, promovendo aumento da temperatura no solo e a liberação de substâncias naturais que podem apresentar ação fungicida. Além de promover cultivos mais vigorosos e sadios, a solarização favorece a elevação do nível de nutrientes (N, Ca e Mg), contribui para a restauração da microflora e melhora a estrutura física do solo, melhorando a sua aeração e a

permeabilidade. Para evitar possíveis vácuos biológicos, após a aplicação de calor úmido e solarização, recomenda-se a adoção da recolonização do solo desinfestado com a incorporação de matéria orgânica livre de patógenos associada a formulações de *Trichoderma* spp.

Nos sistemas orgânicos estabilizados a maioria das doenças de solo são suprimidas pela microflora existente, porém as doenças foliares em algumas situações podem ser problemáticas. Em áreas críticas para requeima e pinta preta alguns sistemas de produção orgânica permitem a aplicação de caldas para o manejo dessas doenças. Nesse sentido, a calda bordalesa (sulfato de cobre + cal virgem diluídos em água) pode ser eficaz quando aplicada preventivamente (antes da infecção), sendo indicada a cobertura completa da face superior das folhas para que essa possa proteger de futuras infecções, e da face inferior para inibir a esporulação dos respectivos agentes causais. Apesar dos seus benefícios

em assegurar a produção de tubérculos comerciais, o seu uso deve ser moderado para evitar que haja acúmulo de cobre no solo. A calda bordalesa tem baixa toxicidade, no entanto, recomenda-se o uso de equipamentos de proteção individual para a sua aplicação.

A calda Viçosa (sulfato de cobre + cal virgem + nutrientes) além de eficaz no controle de doenças foliares na cultura da batata também pode ser utilizada para a adubação das plantas, pois possui micronutrientes (boro, zinco) e macronutrientes (cálcio e magnésio) na sua composição. Além da dosagem correta recomenda-se que as aplicações das caldas citadas sejam realizadas com critério, uma vez que podem ser fitotóxicas em culturas jovens e quando aplicada em períodos de pleno sol e alta temperatura. O uso de produtos à base de cobre em sistemas orgânicos tem sido amplamente questionado principalmente na Europa devido esses apresentarem alta estabilidade e alto potencial de se acumular nos solos.

Referências

- ABBA – Associação Brasileira da batata. Situação Atual da Produção de Batata no Brasil. <http://www.abbabatatabrasileira.com.br/site/materias-das-revistas/situacao-atual-da-producao-de-batata-no-brasil/>. Acesso. 10 de set 2021.
- AGRIOS, G.N. *Plant pathology*. 5.ed. Amsterdam: Elsevier Academic, 2005. 919p.
- AGROFIT. [HTTP://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons](http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons). Acesso: 22. fev..2022.
- ARDESTANI, S.T.; SHARIFNABI, B.; ZARE, R.; MOGHADAM, A.A. New *Alternaria* species associated with potato leaf spot in various potato growing regions of Iran. *Iranian Journal of Plant Pathology*, v. 45, 83–6, 2010.
- BASU, P. K. Existence of Chlamydozoospores of *Alternaria porri* f. sp. *solani* as Overwintering Propagules in Soil. *Phytopathology*, v. 61, p. 1347-1350. 1971.
- BINYAM, T.; HUSSEN, T.; TSEGAW, T. Tuber yield loss assessment of potato (*Solanum tuberosum* L.) varieties due to late blight (*Phytophthora infestans*) and its management. Haramaya, Eastern Ethiopia. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*, v. 4 (23), p.45-54. 2014.
- BOITEUX, L.S.; REIFSCHNEIDER, F.J.B. Potato early blight caused by *Alternaria alternata* in Brasil. *Plant Disease*, v. 78, p. 101, 1994.
- BREWER, M. T.; LARKIN, R.P. Efficacy of several potential biocontrol organisms against *Rhizoctonia solani* on potato. *Crop Protection*, v. 24, p. 939-950, 2005.
- CASA-COILA, V.H.; LEHNER, M.D.S.; HORA JÚNIOR, BT.; REIS, A.; NAZARENO, N.R.X.; MIZUBUTI, E.S.; GOMES, C.B. First report of *Phytophthora infestans* self-fertile genotypes in Southern Brazil. *Plant Disease*, v. 101, n. 9, p. 1682, 2017.
- DIAS, J.A.C.; IAMAUTI, M.T.; FISCHER, I.H. Doenças da Batateira. In: AMORIN, L., REZENDE, J. A. M., BERGAMIN FILHO, A., CAMARGO, L. E. A. (Éds.). *Manual de Fitopatologia: doenças das plantas cultivadas*. 5. ed. São Paulo: Ceres, v.2, Cap. 16, p.125-147, 2016.
- DOMINGUES R.J.; TÖFOLI J.G.; AZEVEDO FILHO; J.A.; FERRARI J.T. Suscetibilidade de cultivares de batata ao olho pardo causado por *Cylindrocladium clavatum*. *Biológico*, São Paulo, v.77, n.1, p.17-19, jan./jun., 2015.
- DUARTE, H.S.S.; ZAMBOLIM, L.; RODRIGUES, F.A.; PAUL P.A.; PÁDUA, J.G.; RIBEIRO JÚNIOR, J.I., JÚNIOR, A.F.N.; ROSADO, A.W.C. Field resistance of potato cultivars to foliar early blight and its relationship with foliage maturity and tuber skin types. *Trop Plant Pathol.*, v. 39, n.4, p. 294–306, 2014.
- EMBRAPA CENARGEM. Fungos relatados em plantas no Brasil. <http://pragawall.cenargem.embrapa.br/aicweb/michtml/fgbanco01.asp> . Acesso 23.08.21.
- ESCUREDO, O.; SEIJO-RODRÍGUEZ, A.; MENO, L.; RODRÍGUEZ-FLORES; M.S.; SEIJO, M.C. Seasonal dynamics of *Alternaria* during the potato growing cycle and the influence of weather on the early blight disease in North-West Spain. *American Journal of Potato Research*, v. 96, p. 532–540, 2019.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO), Roma, 2021. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/>. Acesso em: 08.ago. 2021.
- FRAC. FUNGIDE RESISTANCE ACTION COMITEE. FRAC Code List ©*2021: Fungal control agents sorted by cross resistance pattern and mode of action https://www.frac.info/docs/default-source/publications/frac-code-list/frac-code-list-2021--final.pdf?sfvrsn=f7ec499a_2. Acesso: 22. fev..2022.
- FRY W.E.; BIRCH, P.R.J.; JUDELSON, H.S.; GRÜNWARD, N.J.; DANIES, G.; EVERTS, K.L.; GEVENS, B.K.; GUGINO, B.K.; JOHNSON, D.A.; JOHNSON, S.B.; MCGRATH, M.T.; MYERS, K.L.; RISTAINO, J.B.; ROBERTS, P.D.; SECOR, G.; SMART, C.D. Five reasons to consider *Phytophthora infestans* a reemerging pathogen. *Phytopathology*, v. 105, n.7, p. 966–981, 2015.

FUNGAL DATABASE United States Department of Agriculture. Agricultural Research Service <https://nt.ars-grin.gov/fungaldatabases/> . Acesso: 12.fev.2022.

GOMES, C.B.; SANTANA, F.M.; GARRASTAZU, M.C.; REIS, A.; PEREIRA, A.S., NAZARENO, N.R.X.; BECKER, W.F. *Monitoramento e caracterização dos grupos de compatibilidade de Phytophthora infestans associados à batata na região Sul do Brasil*. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2007. 16 p.

HAAS, B.J. et al. Genome sequence and analysis of the Irish potato famine pathogen *Phytophthora infestans*. *Nature*, London, v. 461, p. 393-398, 2009. Disponível em: <<http://www.nature.com/nature/journal/v461/n7262/abs/nature08358.html>>. Acesso: 9.set. 2021.

INDEX FUNGORUM. <http://www.indexfungorum.org/Names/Names.asp>, Acesso: 27.nov.2021.

JOHNSON, S. B. Evaluation of a Biological Agent for Control of *Helminthosporium solani*. *Plant Pathology Journal*, v. 6, n. 1, p. 99-101, 2007

JIANG, R.H.; TYLER, B.M. Mechanisms and evolution of virulence in oomycetes. *Annu Rev,Phytopathology*, v. 50, p. 295–318, 2012.

JINDO, K.; EVENHUIS, A.; KEMPENAAR, C.; POMBO-SUDRÉ, C.; ZHAN, X.; GOITOM-TEKLUA, M.; KESSEL, G. Review: Holistic pest management against early blight disease towards sustainable agriculture. *Pest Management Science*, p.1-10, 2021. <https://doi.org/10.1002/ps.6320>.

KHEDHER, S. et al. Efficacy of *Bacillus subtilis* V26 as a biological control agent against *Rhizoctonia solani* on potato. *Comptes Rendus Biologies*, v. 338, n. 12, p. 784-792, 2015.

KHEDHER, S. et al. Biological potential of *Bacillus subtilis* V26 for the control of Fusarium wilt and tuber dry rot on potato caused by Fusarium species and the promotion of plant growth. *Biological Control*, v. 152, 2021, 104444.

KUMBAR, B. et al. Field application of *Bacillus subtilis* isolates for controlling late blight disease of potato caused by *Phytophthora infestans*. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, v. 22, 2019. 101366.

LANDSCHOOT, S.; CARRETTE, J.; VANDECASTEELE, M.; DE BAETS, B.; HÖFTE, M.; AUDENAERT, K.; HAESAERT, G. Identification of *A. arborescens*, *A. grandis*, and *A. protenta* as new members of the European *Alternaria* population on potato. *Fungal Biol*, v. 121, p.172–188, 2017.

LARKIN, R.P.; GRIFFIN, T.S. Control of soilborne potato diseases using Brassica green manures. *Crop Protection*. v. 26, n.7, p. 1067-1077, 2007.

LEIMINGER, J.H.; HAUSLADEN, H. Untersuchungen zur Befallsentwicklung und Ertragswirkung der Dürffleckenkrankheit (*Alternaria* spp.) in Kartoffelsorten unterschiedlicher Reifegruppe. *Gesunde Pflanzen*, v. 66, p.29–36, 2014.

LI, Y.; SHEN, H.; ZHOU, Q.; QIAN, K.; VAN DER LEE, T.; HUANG, S. Changing ploidy as a strategy: The Irish Potato Famine pathogen shifts ploidy in relation to its sexuality. *Mol Plant-Microbe Interact*, v. 30, n.1., p. 45–52, 2017.

MEENA, M.; GUPTA, S.K.; SWAPNIL, P.; ZEHRA, A.; DUBEY, M.K.; UPADHYAY, R.S. *Alternaria* Toxins: Potential Virulence Factors and Genes Related to Pathogenesis. *Front. Microbiol.*, v. 8, artigo 1451, 2017.

OSORIO, I; OROZCO, M; GUTIÉRREZ, P; GONZÁLEZ, E; MARÍN, M. Variabilidad genética de *Spongospora subterranea* f.sp. *subterranea* en Colombia. *Bioagro*, v. 24, p. 151-162, 2012.

PATTERSON C. L. Importance of Chlamydospores as Primary Inoculum for *Alternaria solani*, Incitant of Collar Rot and Early Blight on Tomato. *Plant Disease*, v. 75, p. 274-278, 1991.

RODRIGUES, T.T.M.S.; BERBEE, M.L.; SIMMONS, E.G.; CARDOSO, C.R., REIS A.; MAFFIA L.A.; MIZUBUTI E.S.G. First report of *Alternaria tomatophila* and *A. grandis* causing early blight on tomato and potato in Brazil. *New Disease Reports*, v. 22, p. 28, 2010.

ROSSI, F. et al., Cultivares de batata para sistemas orgânicos de produção. Hort. Bras. 29, n.3 2011. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362011000300019>.

SAHAIR R et al. *Solanum tuberosum* L: Botanical, phytochemical, pharmacological and nutritional Significance. International Journal of Phytomedicine., v. 10, n.3, pg. 115-124, 2018.

SILVA, G. O. et al. Genótipos de batata para o sistema orgânico de produção no centro-oeste brasileiro. Rev. Agr. Acad., v.2, n.1, 2019. doi: 10.32406/v2n12019/6-15/agrariacad.

SILVA, G.A.C. Identificação molecular de *Alternaria* spp. na cultura da batata. Instituto Biológico, São Paulo, 2020, 68p.

SOMALRAJU, A.; MCCALLUM, J. L.; MAIN, D.; RICK, D. P.; FOFANA, B. Foliar selenium application reduces late blight severity and incidence in potato and acts as a pathogen growth inhibitor and elicitor of induced plant defence. Can. J. Plant Pathol., vol. 44, n. 1, p.39–55, 2022. <https://doi.org/10.1080/07060661.2021.1954093>

SOUZA, Z. S. et al. Novos cultivares de batata: SCS376 Joaquina para cultivo orgânico e SCS377 Paulina para cultivo convencional. Agropecuária Catarinense, Florianópolis, v.31, n.2, p.49-53, maio/ago. 2018.

STEVENSON, W.; KIRK, W.; ATALLAH, Z.K. Managing foliar disease: early blight, late blight and white mold. In: JOHNSON D.A. (Ed.). Potato Health Management. St. Paul: APS, 2008. p. 209-222.

TAYLOR, R. J., PASCHE, J. S., GALLUP, C. A., SHEW, H. D., GUDMESTAD, N. C. A foliar blight and tuber rot of potato caused by *Phytophthora nicotianae*: New occurrences and characterization of isolates. Plant Disease, v. 92, p.492-503, 2008.

TÔFOLI, J.G.; DOMINGUES, R.J.; FERRARI, J.T.; NOGUEIRA, E.M.C. Doenças fúngicas da cultura da batata: Sintomas, etiologia e manejo. Biológico, São Paulo, v.74, n.1, p.63-74, 2012.

TÔFOLI, J.G.; MELO, P.C.T.; DOMINGUES, R.J.; FERRARI, J.T. Controle da requeima e pinta preta da batata por fungicidas: conceitos, evolução e uso integrado. Biológico, São Paulo, v.75, n.1, p.41-52, 2013.

TÔFOLI, J.G.; DOMINGUES, R.J. *Alternaria* spp. em oleráceas :sintomas, etiologia, manejo e fungicidas. Biológico, São Paulo, v. 77, n. 1/2, p. 21-34, 2015.

TÔFOLI, J. G.; DOMINGUES R. J.; ZANOTTA, S. Doenças Fúngicas da Batata. In: SALAS F.J.S. & TÔFOLI, J.G. Cultura da batata: pragas e doenças. Instituto Biológico, São Paulo, 2017. p. 162-208.

TÔFOLI, J.G.; DOMINGUES, R.J.; FERRARI, J.T. Doenças fúngicas de solo na cultura da batata: sintomas, etiologia e manejo. Biológico, v.81, 1-24, 2019.

TÔFOLI, J.G.; DOMINGUES, R.J. Doenças fúngicas da batata in: Batata - Desafios fitossanitários e manejo sustentável. CRIAR UPL, Jaboticabal, São Paulo, 2021. p. 123-166.

UMAPATHY K. et al. Deciphering the Role of *Bacillus subtilis* var. *amyloliquefaciens* in the Management of Late Blight Pathogen of Potato, *Phytophthora infestans*. Proceedings of the National Academy of Sciences, India - Section B: Biological Sciences 88(3), 2017. DOI: 10.1007/s40011-017-0842-3.

UMAPATHY K. et al. *Bacillus amyloliquefaciens* induced disease resistance in potato plants against early blight disease. Research Journal of Biotechnology, v. 14, n.7, p. 111-119, 2019.

VAN BRUGGEN, A. H.C.; GAMLIEL, A.; FINCKH, M. R. Plant disease management in organic farming systems. Pest Manag Sci, v. 72, p. 30–44, 2016.

VAN DER WAALS, J.E.; KORSTEN, L., AVELING, T.A.S. A review of early blight of potato. Afr. Plant Protect, v.7, n.2, p.91–102, 2001.

VAN DER WAALS, J. E.; PITSI B. E.; MARAIS, C.; WAIRURI, C. K. First Report of *Alternaria alternata*. Causing Leaf Blight of Potatoes in South Africa. Plant Disease, v. 95, n3, p. 363, 2011.

WALE, S.; PLATT, H.W.; CATTILIN, N. *Disease pests and disorders of potatoes*. Amsterdam: Elsevier, 2008. 179 p.

WANG, H.; REN, Y.; ZHOU, J.; DU, J.; HOU, J.; JIANG, R.; WANG, H.; TIAN, Z.; XIE, C. The cell death triggered by the nuclear localized RxLR effector PITG_22798 from *Phytophthora infestans* is suppressed by the effector AVR3b. *Int. J. Mol. Sci.*, v. 18, n.2, p. 409, 2017.

WOUDENBERG, J.H.C.; SEIDL, M.F.; GROENEWALD, J.Z.; DE VRIES, M.; STIELOW, J.B.; THOMMA, B.P.H.J.; CROUS, P.W. *Alternaria* section *Alternaria*: species, formae speciales or pathotypes. *Studies in Mycology*, v. 82, p.1–21, 2015.

WOUDENBERG, J.H.C.; TRUTER, M.; GROENEWALD, J.Z.; CROUS, P.W. Large-spored *Alternaria* pathogens in section Porri disentangled. *Studies in Mycology*, v. 79, p. 1-47, 2014.

WOUDENBERG, J.H.C.; GROENEWALD, J.Z.; BINDER, M.; CROUS, P.W. *Alternaria* redefined. *Studies in Mycology*, V. 75, p.171–212, 2013.

ZANOTTA, S. Caracterização da população de *Phytophthora infestans* (Mont) de Bary em regiões produtoras de batata (*Solanum tuberosum* L.) no Brasil. Instituto Biológico, São Paulo, 2019, 124p.

ZHANG D. et al. Antifungal effects of volatiles produced by *Bacillus subtilis* against *Alternaria solani* in Potato. *Frontiers in Microbiology*, v. 11:1196, 2020.

ZHAO W. et al. Development and application of *Bacillus* spp. seed-treating agent against potato Verticillium wilt. *Chinese Journal of Biological Control*, v.35 n. 5 p.759-767, 2019.

ZHENG H. H.; ZHAO, J.; WANG, T. Y.; WU, X. H.. Characterization of *Alternaria* species associated with potato foliar diseases in China. *Plant Pathology*, v.64, p. 425–433., 2015.

ZHU, W.; SHEN, L.; FANG, Z.; YANG, L.; ZHANG, J.; SUN, D.; ZHAN, J. Increased frequency of self-fertile isolates in *Phytophthora infestans* may attribute to their higher fitness relative to the A1 isolates. *Sci Rep* 6, Article number: 29428, 2016.

Recebido em: 28/03/2022

Aprovado em: 18/05/2022

Figuras



Figura 1. Amontoa na cultura da batata



Figura 2. Campo de batata



Figura 3. Cultivo de batata sob pivô central



Figura 4. Flor da planta de batata



Figura 5. Sintoma de requeima em folíolo



Figura 6. Sintoma de requeima com halo amarelado



Figura 7. Sintomas de requeima em diferentes estágios de desenvolvimento



Figura 08. Esporulação de *Phytophthora infestans*



Figura 09. Anel de esporulação de *P. infestans*

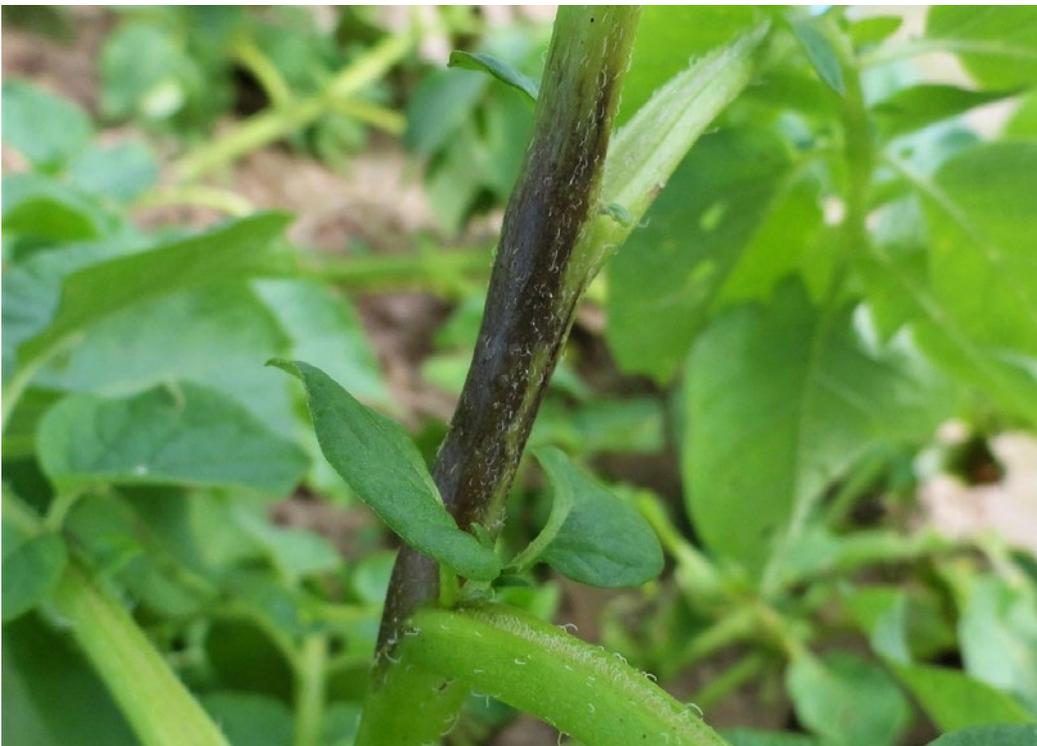


Figura 10. Sintoma de requeima em brotações



Figura 11. Requeima em pecíolo



Figura 12. Sintoma de requeima em caule



Figura 13. Sintomas de requeima em frutos de batateira



Figura 14. Desfolha causada pela requeima



Figura 15. Esporângio de *P. infestans*

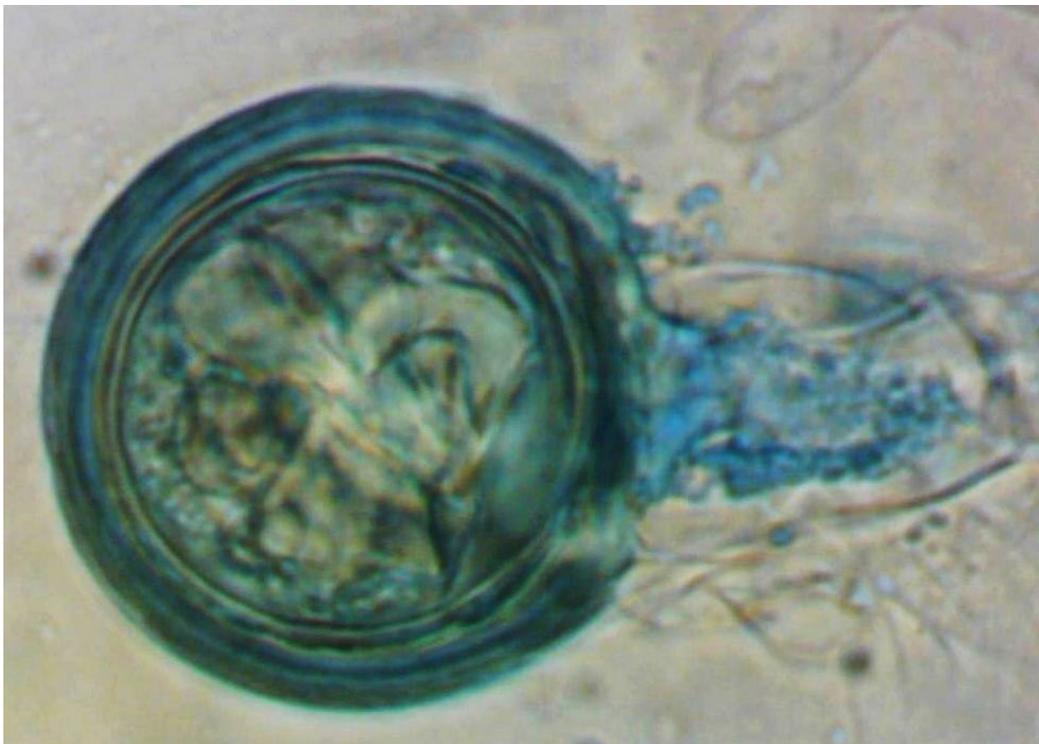


Figura 16. Oogônio e anterídio de *P. infestans*



Figura 17. Sintoma inicial de pinta preta (*Alternaria* spp.)



Figura 18. Sintoma de pinta preta



Figura 19. Coalescimento de lesões de pinta preta



Figura 20. Alta severidade de pinta preta



Figura 21. Desfolha de plantas causadas pela pinta preta



Figura 22. Sintoma de pinta preta em caule



Figura 23. Rizoctoniose (*Rhizoctonia solani*)



Figura 24. Tubérculo aéreo causado pela presença de *Rhizoctonia solani*



Figura 25. Crosta negra (*Rhizoctonia solani*)

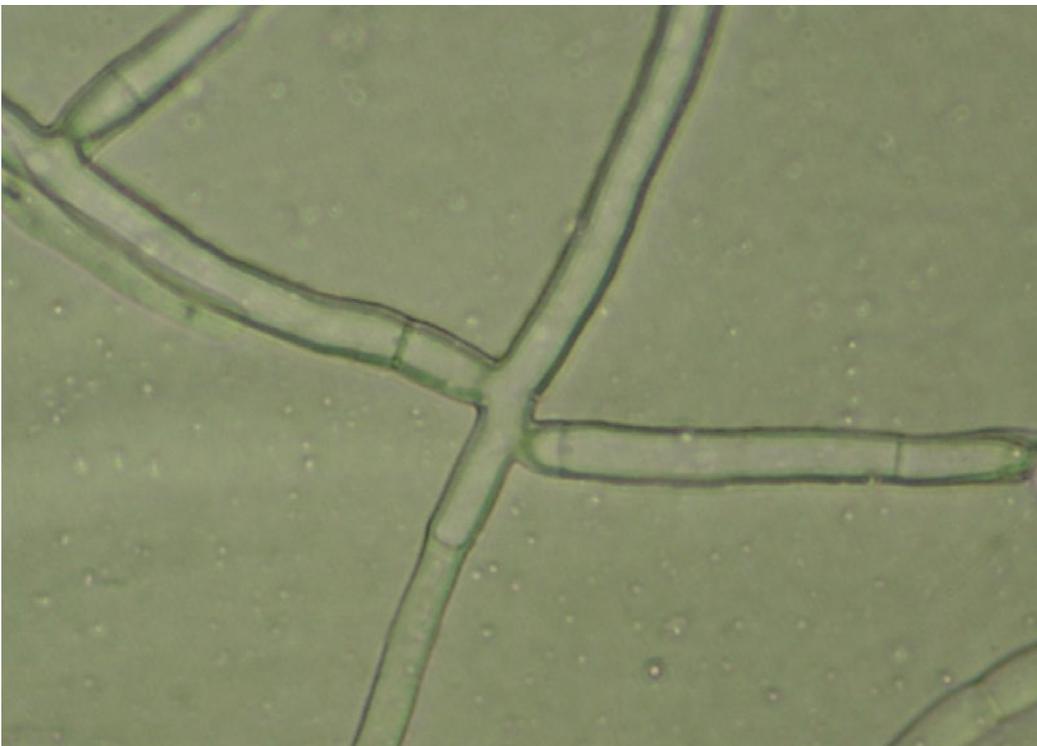


Figura 26. Hifa de *Rizoctonia solani* com ângulo de 90°



Figura 27. Sarna prateada (*Helminthosporium solani*)

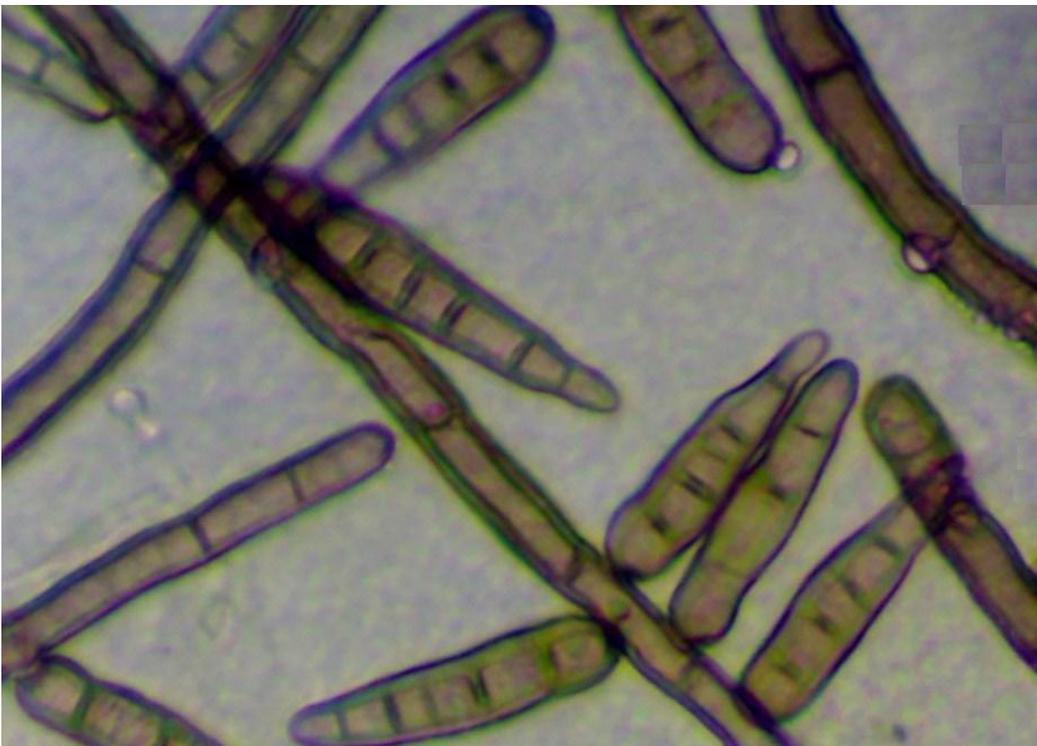


Figura 28. Conídios de *Helminthosporium solani*



Figura 29. Sarna Pulverulenta

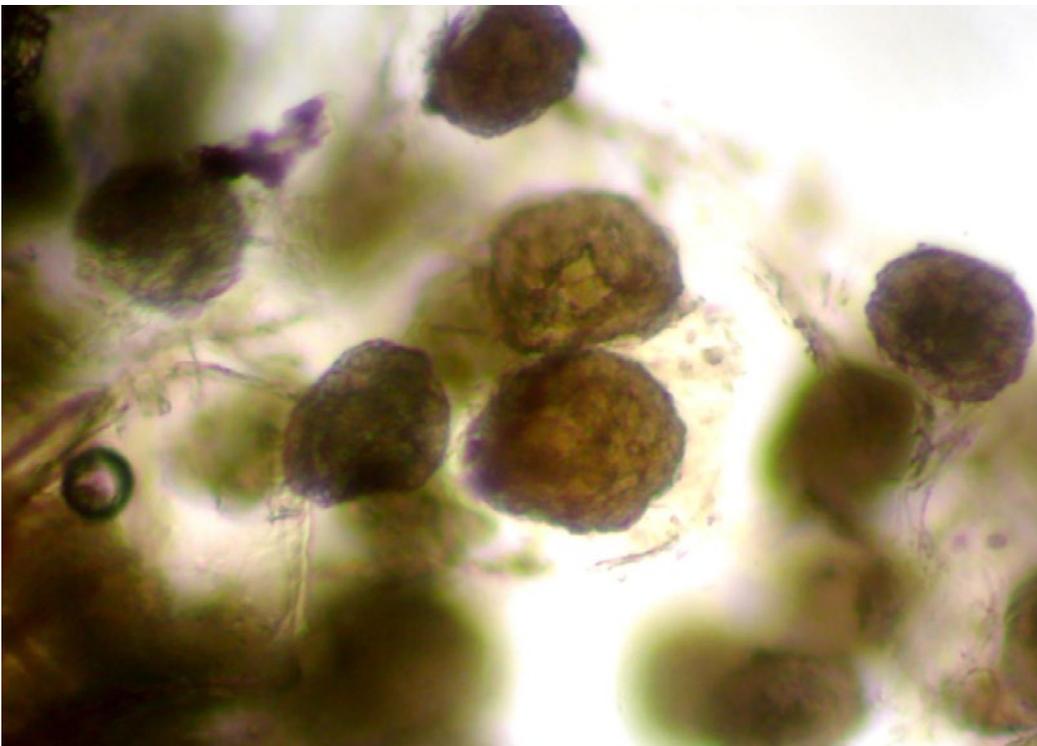


Figura 30. Cistossoros de *Spongospora subterranea*



Figura 31. Murcha de Fusarium



Figura 32. Podridão seca de microtubérculos



Figura 33. Conídios de *Fusarium* spp.

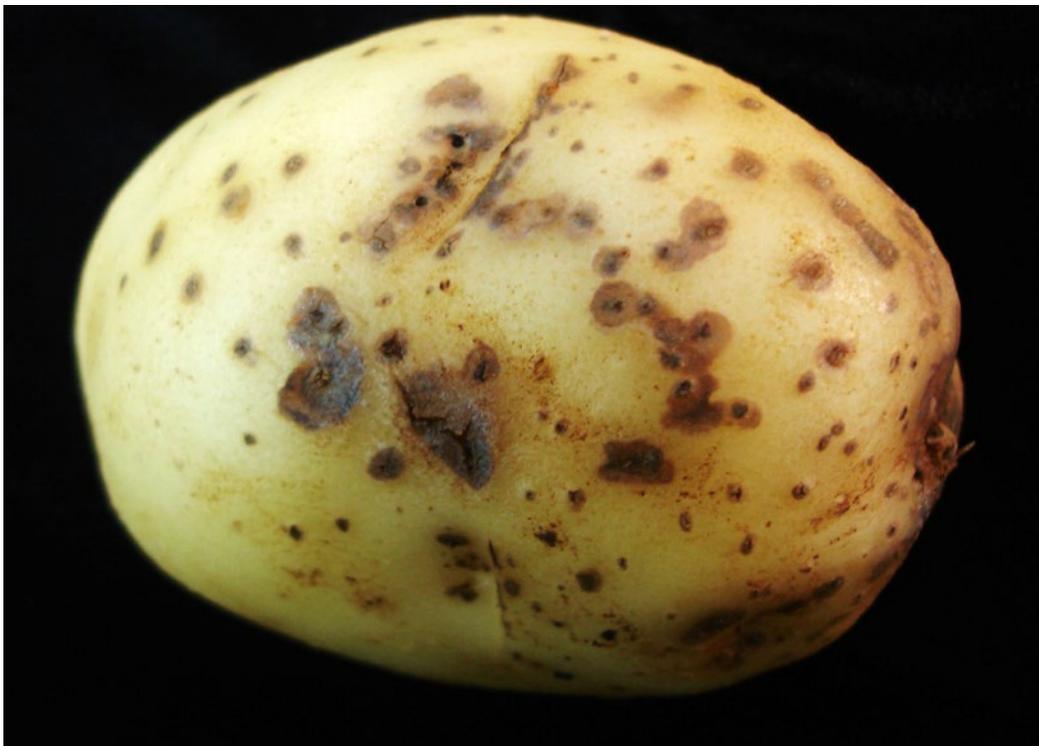


Figura 34. Olho pardo



Figura 35. Conídios de *Calonectria brassicae*



Figura 36. Podridão aquosa