

ESPELHO DE CORREÇÃO DA PROVA ESCRITA – EDITAL 186/2023/ICIAG

CLASSIFICAÇÃO DAS DOENÇAS DE PLANTAS DE ACORDO COM McNew

Considerando que as doenças que acometem as plantas causam profundas alterações em diferentes processos fisiológicos, George L. McNew propôs, em 1960, classificá-las de acordo com os principais processos fisiológicos a saber: I - acúmulo de nutrientes nos órgãos de armazenamento para o desenvolvimento de tecidos embrionários; II - desenvolvimento de tecidos jovens às custas dos nutrientes armazenados; III - absorção de água e nutrientes a partir do substrato; IV - transporte de água e nutrientes pelo sistema vascular; V - fotossíntese e VI - utilização, pela planta, dos metabólitos originados da fotossíntese. Considerando que estes processos fisiológicos podem sofrer interferências ocasionadas pelo processo infeccioso dos patógenos com diferentes estilos de vida, McNew sugeriu alocar as doenças das plantas nos seguintes grupos: I - doenças que destroem os órgãos de armazenamento (*podridões de órgãos de reserva*); II - doenças que causam danos nas plântulas ("*damping-off*"); III - doenças que danificam o sistema radicular (*podridões de raiz e do colo*); IV - doenças que afetam o sistema vascular (*murchas vasculares*); V - doenças que interferem na fotossíntese (*manchas foliares, ferrugens, oídios e míldios*) e VI - doenças que alteram o uso dos produtos da fotossíntese (*viroses, carvões, cáries e galhas*). As vantagens de classificar as doenças de acordo com McNew são: (i) os patógenos semelhantes em relação ao hospedeiro que infectam são agrupados de acordo com o modo de ação; (ii) as doenças pertencentes a um mesmo grupo apresentam características semelhantes quanto às diferentes fases do ciclo da relação patógeno-hospedeiro, não raro apresentando idênticas medidas de controle e (iii) ordena os patógenos segundo o nível de agressividade e especificidade em relação ao hospedeiro além da evolução quanto ao parasitismo. Do grupo I para o grupo VI, o nível de agressividade diminui enquanto a evolução quanto o parasitismo e a especificidade em relação ao hospedeiro aumentam.

GRUPO I - DOENÇAS QUE DESTROEM OS ÓRGÃOS DE ARMAZENAMENTO

Podridões dos órgãos de reserva

Fungos e bactérias saprófitas que ocorrem no ar ou no solo são os principais agentes causadores dessas doenças. As espécies pertencentes aos gêneros *Aspergillus*, *Penicillium*, *Mucor*, *Monillia*, *Fusarium*, *Alternaria*, *Diplodia*, *Cladosporium*, *Rhizopus*, *Penicillium* e *Botrytis* estão frequentemente associados com a etiologia das podridões secas e moles. Alguns fungos são de menor expressão neste contexto, tais como *Colletotrichum* sp. e *Alternaria* sp. e a bactéria *Pectobacterium carotovorum*.

Diferentes tipos de podridão afetam frutos, sementes e órgãos de reserva das plantas resultando em impactos variados. As podridões secas ou duras, que ocorrem tanto em sementes quanto em frutos, são caracterizadas pela perda significativa de água levando a mumificação. Os sintomas iniciais manifestam-se nos frutos maduros com o aparecimento de pequenas manchas circundadas por tecido encharcado. Com o tempo, as manchas coalescem e abrangem grande parte ou até mesmo o fruto inteiro causando a desidratação dos tecidos. Além disso, alguns fungos que colonizam grãos armazenados produzem micotoxinas prejudiciais (exemplo: *Aspergillus flavus* produzindo aflatoxina). As podridões moles ou aquosas, diferentemente das secas, resultam na decomposição total dos órgãos suculentos das plantas incluindo frutos, tubérculos e raízes. Os sintomas iniciais das podridões moles manifestam-se com o aparecimento de pequenas manchas, de aspecto encharcado, deprimidas e com perda de pigmentação. Ocorre produção de enzimas hidrolíticas (celulases, hemicelulases e pectinases). Em função da ação enzimática, ocorre perda de consistência e surgem áreas escurecidas no tecido vegetal

infectado. Finalmente, o órgão se liquefaz e, em alguns casos, exala odor desagradável.

A infecção pelos patógenos causadores das doenças do grupo I pode ocorrer no campo, antes da instalação da cultura ou durante a colheita, no armazenamento, nas embalagens e transporte. Os ferimentos nos frutos são as portas de entrada para os patógenos infectarem com sucesso. Alta umidade relativa e temperatura elevada favorecem o progresso destas doenças. A água de irrigação, implementos agrícolas e insetos podem atuar como agentes de dispersão dos patógenos.

Como medidas de controle, recomenda-se: (i) usar solo com boa drenagem; (ii) evitar locais altamente infestados pelo patógeno; (iii) rotação de cultura em áreas altamente infestadas pelo patógeno, principalmente no caso das podridões causadas por bactérias; (iv) emprego de espaçamento adequado para ocorrer boa aeração entre as plantas; (v) aplicação de fungicidas para proteger os frutos ainda na planta; (vi) evitar o contato dos frutos com o solo usando plástico ou cobertura morta e (vii) evitar ferimentos nos frutos. Além disso recomenda-se: (i) separar e descartar os órgãos infectados pelos patógenos; (ii) desinfestação das ferramentas, recipientes e embalagens; (iii) armazenamento dos frutos em local bem arejado ou em ambiente com baixa temperatura (câmaras refrigeradas com temperatura variando de 5 a 10°C) e umidade relativa reduzida; (iv) emprego da termoterapia com ou sem o uso de fungicida e (v) desinfestação prévia dos locais utilizados para armazenar os frutos.

GRUPO II - DOENÇAS QUE CAUSAM DANOS NAS PLÂNTULAS

Tombamento (damping-off)

Os agentes causadores de tombamento em plantas são fungos (*Rhizoctonia solani*, *Colletotrichum*, *Phoma*, *Fusarium*, *Cercospora* e *Botrytis*), oomicetos (*Pythium* e *Phytophthora*) e algumas bactérias (*Xanthomonas* e *Pseudomonas*). Esses patógenos são considerados parasitas facultativos e habitantes do solo. Além disso, não apresentam especificidade em relação ao hospedeiro e são altamente agressivos.

O sintoma típico dessa doença é a necrose dos tecidos das plântulas, principalmente na região do hipocótilo. Os sintomas podem ocorrer antes e após a emergência das plântulas. Os sintomas observados antes da emergência incluem: (i) escurecimento, perda de rigidez e decomposição das sementes; (ii) manchas encharcadas e escurecimento nos tecidos das plântulas logo após a germinação das sementes; (iii) destruição dos tecidos tenros; (iv) morte das sementes e das plântulas com redução significativa na densidade de plantas por metro linear. Por outro lado, os sintomas observados após a emergência das plântulas incluem: (i) manchas deprimidas e de coloração escura que podem causar a constricção do caule das plântulas; (ii) enfraquecimento do caulículo causando o tombamento da plântula e (iii) escurecimento e apodrecimento das raízes. É interessante notar que os sintomas associados à essas doenças ocorrem predominantemente em reboladeiras (doenças monocíclicas).

Em geral, alta umidade no solo favorece o progresso das doenças do grupo II. O manejo destas doenças pode ser desafiador devido a indisponibilidade de cultivares resistentes. Entretanto, outras medidas estão disponíveis como, por exemplo: (i) uso de sementes sadias (não infestadas e ou infectadas) e com alto vigor; (ii) tratamento térmico, biológico e ou químico das sementes; (iii) tratamento do solo com agentes físicos, químicos e ou biológicos e (iv) rotação de culturas. Além disso, recomenda-se: (i) evitar a semeadura em solos naturalmente sujeitos à inundação (solos argilosos); (ii) evitar utilizar solos mal drenados; (iii) evitar irrigação excessiva, principalmente por gotejamento; (iv) evitar semeadura em maior profundidade no solo; (v) evitar o excesso de adubação nitrogenada; (vi) uso de água de boa qualidade em cultivos hidropônicos para evitar a infestação por inóculo do patógeno e (vii) redução da densidade de semeadura.

GRUPO III - DOENÇAS QUE DANIFICAM AS RAÍZES DAS PLANTAS

Podridões da raiz e do colo

Fungos e oomicetos são os principais agentes causais das podridões que ocorrem no sistema radicular e no colo das plântulas e também de plantas nos estágios iniciais de desenvolvimento. Fungos causadores de podridões radiculares incluem *Sclerotium rolfsii*, *Rhizoctonia solani*, *Fusarium solani*, *Armillaria* sp., *Thielaviopsis* sp., *Ophiobolus* sp., *Rosellinia* sp., *Sclerotinia* e *Gaeumannomyces graminis* enquanto os oomicetos frequentemente associados à essas doenças pertencem aos gêneros *Pythium* e *Phytophthora*. Alguns nematoides tais como *Pratylenchus* sp., *Radopholus similis* e *Helicotylenchus* sp. podem causar podridão do sistema radicular. Os patógenos fúngicos e os oomicetos causadores de podridões radiculares são parasitas facultativos e alguns são habitantes do solo; outros são caracterizados como invasores do solo. Em geral, tais patógenos são bem agressivos e não apresentam especificidade em relação ao hospedeiro.

Os sintomas típicos envolvem o escurecimento e a podridão das raízes. Além disso, lesões deprimidas e escuras podem ser observadas no colo das plantas resultando em tombamento. Estruturas de resistência (escleródios produzidos por *Rhizoctonia solani* e *Sclerotium* sp.) são frequentemente observadas em associação com os sintomas destas doenças. Sintomas adicionais incluem: (i) amarelecimento (clorose) das folhas; (ii) deficiência foliar de nutrientes; (iii) murcha das folhas, flores e frutos; (iv) queda de folhas, flores e frutos e (v) seca e morte da planta. As podridões ocorrem geralmente em reboleiras caracterizando doenças monocíclicas.

Alta umidade no solo favorece o progresso das doenças do grupo III. Existe uma temperatura ideal para certos patógenos: amena (15-22°C para *Pythium*, *Phytophthora* e *Ophiobolus*) e alta (25-35°C para *Sclerotium*, *Fusarium solani*, *Thielaviopsis* e *Sclerotinia*).

Devido a indisponibilidade de cultivar resistente, o controle dessas doenças é bem difícil. A adoção de outras medidas de controle é altamente recomendável como: (i) evitar o excesso de umidade no solo priorizando o uso de solos com boa drenagem e manejo adequado da irrigação evitando o uso do gotejamento; (ii) emprego da rotação de culturas; (iii) utilização de sementes, mudas e material de propagação vegetativa livres de patógenos; (iv) tratamento de sementes e mudas com fungicidas; (v) aração profunda para incorporar os restos culturais mais profundamente no perfil do solo e (vi) uso da solarização. Além disso, também é recomendado: (i) uso de nematicidas para o controle de nematoides (cita-se o caso de *R. similis* que pode favorecer a infecção das raízes da bananeira por *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*); (ii) uso de água de boa qualidade em cultivos hidropônicos para evitar a infestação por inóculo do patógeno e (iii) uso do controle biológico por meio de diferentes micro-organismos antagônicos.

GRUPO IV - DOENÇAS QUE ATACAM O SISTEMA VASCULAR

Murchas vasculares

Os principais agentes causadores das murchas vasculares são fungos (*Fusarium oxysporum*, *Verticillium albo-atrum*, *Verticillium dahliae*, *Ceratocystis* sp., *Lasiodiplodia* sp. e *Ophiostoma* sp.) e bactérias (*Ralstonia*, *Xylella*, *Xanthomonas* e *Leifsonia*). Estes patógenos apresentam especificidade tanto em relação ao hospedeiro (ocorrência de formae specialis e raças) quanto ao tecido que atacam (sistema vascular) e são considerados parasitas facultativos. Os sintomas típicos destas doenças podem ser divididos em dois grupos, externos e internos. Os sintomas externos incluem: (i) clareamento das nervuras e alteração da tonalidade verde das folhas mais velhas progredindo para as folhas mais novas; (ii) murcha das folhas e das brotações (perda de turgidez celular até atingir o ponto de murcha permanente); (iii) clorose e amarelecimento

foliar; (iv) necrose marginal das folhas; (v) seca das folhas, caule e ramos; (vi) deficiência foliar de nutrientes; (vii) queda de folhas, flores e frutos; (viii) aparecimento de raízes adventícias e (ix) morte da planta. Os sintomas internos incluem: (i) escurecimento dos vasos do xilema (necrose dos vasos, formação de tilose e presença de material de natureza amorfa) e (ii) no caso de murchas causadas por bactérias ocorre a exsudação de material viscoso (pus bacteriano) visualizado facilmente utilizando-se o teste do copo.

A dispersão do patógeno dentro da mesma área de cultivo pode ocorrer através da água da chuva ou da irrigação, movimento do solo durante a aração e a gradagem e ferramentas utilizadas nas diferentes práticas culturais. A produção de clamidósporos pelo fungo dificulta o controle das doenças. No caso das murchas causadas por *Ceratocystis* sp., os besouros são eficientes em dispersar o patógeno entre as plantas. Os patógenos são dispersos tanto por sementes quanto por mudas para longas distâncias.

Temperaturas amenas favorecem as murchas causadas por espécies de *Verticillium* enquanto temperaturas mais elevadas favorecem as murchas causadas por *Fusarium oxysporum* (nas diferentes formas *specialis* e produzindo macro e microconídios além de clamidósporos) e bactérias dos gêneros *Ralstonia* e *Xanthomonas*.

As medidas de manejo recomendadas para as murchas vasculares incluem: (i) uso de cultivares resistentes sempre que possível considerando a ocorrência de raças de alguns patógenos (exemplo: *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*); (ii) rotação de culturas utilizando-se espécies de plantas não hospedeiras dos patógenos; (iii) uso de sementes e de material propagativo sadios; (iv) uso de sementes com alto vigor; (v) semeadura em áreas com baixa densidade de inóculo dos patógenos; (vi) aração profunda para incorporar os restos culturais mais profundamente no perfil do solo e (vii) desinfestação de ferramentas utilizadas nos diferentes tratamentos culturais. Além dessas medidas recomenda-se também: (i) controle de insetos que dispersam diferentes patógenos; (ii) controle dos nematoides que propiciam a infecção pelos patógenos; (iii) solarização do solo; (iv) inundação, se viável, da área de cultivo altamente infestada pelos patógenos; (v) alteração do pH do solo para controlar algumas bacterioses e (vi) emprego de medidas fitossanitárias para não introduzir novas raças do patógeno (exemplo: raça 4 de *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*).

GRUPO V - DOENÇAS QUE INTERFEREM COM A FOTOSSÍNTESE

Manchas foliares

Os agentes causadores das manchas foliares incluem fungos de diferentes gêneros (*Alternaria*, *Cercospora*, *Colletotrichum*, *Bipolaris*, *Botrytis*, *Septoria*, *Pyricularia*, *Cladosporium*, *Ramulariopsis*, *Venturia*, *Microcyclus* e *Phyllosticta*), oomiceto do gênero *Phytophthora* e bactérias dos gêneros *Xanthomonas* e *Pseudomonas*. Estes patógenos são considerados parasitas facultativos e apresentam especificidade em relação ao hospedeiro.

Os sintomas típicos destas doenças são manchas necróticas (com halo clorótico) de diferentes tamanhos, formatos (irregular, circular, elíptica ou angular) e coloração. Os patógenos infectam principalmente as folhas, mas podem infectar também o caule, os ramos, as flores, as inflorescências e os frutos. A consequência prática da necrose do tecido foliar é a redução da capacidade fotossintética da planta (comprometimento do aparato fotossintético e redução expressiva na concentração de pigmentos). Além disso, quando os órgãos afetados são comercializados, há depreciação dos frutos que são menores e sem sabor. As manchas foliares causadas por bactérias iniciam-se como pequenos pontos translúcidos e encharcados quando observados contra a luz, enquanto as manchas causadas por fungos geralmente iniciam-se como pequenos pontos cloróticos (sem ocorrência de encharcamento de tecido, salvo algumas exceções) evoluindo para necrose devido a produção de toxinas não seletivas e diversas enzimas hidrolíticas.

Em condições favoráveis à doença, as manchas podem coalescer e provocar a necrose de grande parte do tecido foliar. Nesses casos, ocorre desfolha precoce, queda de flores e frutos, subdesenvolvimento das plantas e malformação de sementes e frutos. Finalmente, pode ocorrer a morte das plantas quando severamente atacadas pelos patógenos nos seus estádios iniciais de crescimento.

Os patógenos podem sobreviver nos restos culturais, na matéria orgânica, nas sementes, em hospedeiros alternativos ou até mesmo nos tecidos da planta principalmente tratando-se de cultura perene. A dispersão do inóculo ocorre pelo vento, respingos de água da chuva ou da irrigação e sementes infestadas e ou infectadas. Insetos e ferramentas também podem dispersar os patógenos. O vento e as sementes são responsáveis por dispersar os patógenos a longas distâncias, enquanto a água dispersa o patógeno mais localmente. Alta umidade relativa (maior período de molhamento foliar) e temperaturas elevadas (20-30°C) favorecem o progresso das manchas foliares. Atenta-se ainda para a infecção quiescente nos tecidos da planta causada por várias espécies de *Colletotrichum* sendo que as lesões se desenvolvem mais tardiamente.

As medidas de controle incluem: (i) uso de cultivares resistentes; (ii) pulverização das plantas com fungicidas protetores e ou sistêmicos ou com calda sulfocálcica para reduzir a taxa de progresso da doença (doença policíclica); (iii) tratamento de sementes com fungicidas; (iv) uso de sementes livres do patógeno (não infestadas e ou não infectadas); (v) erradicação de plantas daninhas que possam ser hospedeiras dos patógenos e (vi) rotação de cultura. Recomenda-se também: (i) adubação balanceada sem o uso excessivo de nitrogênio; (ii) uso de densidade de semeadura e espaçamento entre linhas de forma adequada; (iii) poda de ramos de frutíferas com sintomas das doenças e (iv) eliminação de restos culturais principalmente em cultivos protegidos.

Míldios

Os oomicetos mais importantes causadores de míldios pertencem aos gêneros *Plasmopara*, *Peronospora*, *Pseudoperonospora*, *Sclerospora* e *Bremia*. Esses patógenos pertencem a família *Peronosporaceae*, são parasitas obrigatórios e apresentam um alto grau de especificidade quanto ao hospedeiro. Produzem haustórios dentro das células para a absorção de nutrientes. A fase sexuada raramente é encontrada nas condições ambientais do Brasil.

Os sintomas típicos aparecem na face superior da folha como manchas de coloração verde-clara que se tornam amareladas e, finalmente, escuras, devido a ocorrência de necrose. A necrose do tecido foliar ocorre devido a redução da capacidade fotossintética da planta. Plantas severamente infectadas apresentam subdesenvolvimento, queda de flores, folhas e frutos seguido de desfolha e morte da planta.

Alta umidade relativa (acima de 95%) e temperatura amena (17-22°C) favorecem o progresso dos diferentes tipos de míldios. A sobrevivência do patógeno nas regiões de clima temperado pode ocorrer devido a produção de oósporos (esporo sexuado) que permanecem nos restos culturais. O patógeno pode também ser encontrado em hospedeiros alternativos. Nas regiões de clima tropical ou subtropical, a sobrevivência do patógeno ocorre através de micélio e ou esporângios em hospedeiros alternativos ou até mesmo no próprio hospedeiro. O vento e a água são os principais agentes de dispersão do inóculo do patógeno.

As medidas de controle incluem: (i) uso de cultivares resistentes; (ii) pulverização das plantas com fungicidas protetores e ou sistêmicos para reduzir a taxa de progresso da doença (doença policíclica), (iii) rotação de cultura; (iv) adubação balanceada sem o uso excessivo de nitrogênio e (v) uso de espaçamento entre linhas e entre plantas de forma adequada.

Oídios

Os principais gêneros de fungos causadores de oídios são: *Oidium*, *Oidiopsis*, *Ovulariopsis*, *Streptopodium*, *Erysiphe*, *Blumeria*, *Sphaerotheca*, *Podospaera*, *Brasiliomyces*, *Phyllactinia*, *Leveillula*, *Pleochaeta*, *Sawadaea*, *Cystotheca*, *Golovinomyces*, *Arthrocladiella*, *Neoeerysiphe* e *Uncinula*. Estes patógenos são considerados parasitas obrigatórios, com alta especificidade em relação aos seus hospedeiros e produzem haustórios intercelular para obtenção de nutrientes. A fase perfeita dos patógenos é raramente encontrada nas condições de cultivo no Brasil.

De modo geral, os patógenos interferem no processo fotossintético da planta e reduzem a quantidade de luz que atinge a superfície foliar devido ao crescimento micelial superficial. Nas folhas, as manchas ou áreas inicialmente recobertas pelo micélio do patógeno podem se tornar amareladas e, posteriormente, necróticas. Ataques severos de oídios podem provocar o subdesenvolvimento das plantas, queda de folhas, flores e frutos, além da morte de ramos novos. Os frutos infectados pelos patógenos tornam-se mal desenvolvidos e de menor valor econômico. Apesar dos oídios ocorrerem nas regiões mais úmidas e de clima mais amenos, são também favorecidos quando as plantas se encontram em ambientes secos e quentes. A produção de casmotécios garante a sobrevivência do patógeno no local de cultivo e a sua variabilidade genética.

As medidas de controle incluem: (i) uso de cultivares resistentes; (ii) pulverização das plantas com fungicidas protetores e ou sistêmicos para reduzir a taxa de progresso da doença (doença policíclica); (iii) rotação de cultura e (iv) adubação balanceada sem o uso excessivo de nitrogênio.

Ferrugens

Os fungos dos gêneros *Austropuccinia*, *Puccinia*, *Hemileia*, *Uromyces*, *Phakopsora* e *Melampsora* são os principais causadores de ferrugens em plantas comerciais. Esses fungos pertencem ao Filo Basidiomycota, são parasitas obrigatórios, produzem haustórios e exibem alta especificidade em relação aos seus hospedeiros.

Os sintomas iniciam-se como pequenas manchas amareladas (“flecks”), geralmente circulares ou elípticas, nas folhas, órgãos florais e ou frutos das plantas. Essas manchas aumentam de tamanho e após o rompimento da cutícula a massa de uredinósporos (cor amarela ou alaranjada) é liberada (pústula). Para a ferrugem do cafeeiro (agente causal: *Hemileia vastatrix*), os uredinósporos surgem pelos estômatos. Com o desenvolvimento da ferrugem, a região pustular torna-se necrótica. Devido a intensa severidade das ferrugens nas folhas, ocorre necrose das brotações. A área foliar fotossinteticamente ativa é reduzida devido a ocorrência de inúmeras pústulas. Ocorre queda precoce de folhas, flores e frutos e a morte de plantas mais jovens em viveiros ou até mesmo quando transplantadas para o campo.

A dispersão do patógeno ocorre através do vento, da água da chuva ou da irrigação e por insetos. Na região tropical, os patógenos sobrevivem principalmente na forma de uredinósporos que, geralmente, permanecem infectando plantas voluntárias. Nos países temperados é comum os uredinósporos serem dispersos pelo vento para regiões bem distantes. A formação de teliósporos (que atua como estrutura de resistência devido a parede espessa e melanizada) garante a sobrevivência do patógeno na ausência do hospedeiro.

As principais medidas de controle incluem: (i) uso de variedades resistentes (com resistência à raça específica ou parcial); (ii) pulverização das plantas com fungicidas protetores e ou sistêmicos ou até mesmo com a calda bordalesa; (iii) erradicação de hospedeiros intermediários no caso das ferrugens heteróicas ou plantas voluntárias dos patógenos. Além disso, deve-se: (i) evitar áreas sujeitas à formação intensa e constante de neblina; (ii) utilizar espaçamento e densidade de plantio adequados; (iii) poda de ramos doentes no caso de culturas perenes (eliminação de material vivo doente) e (iv) uso de material propagativo sadio.

GRUPO VI - DOENÇAS QUE ALTERAM O APROVEITAMENTO DAS SUBSTÂNCIAS FOTOSSINTETIZADAS

Carvões & cáries

Os principais gêneros de fungos causadores de carvões são: *Ustilago* e *Urocystis*. Os fungos *Tilletia caries* e *Tilletia foetida* são causadores de cárie. Esses patógenos pertencem ao filo Basidiomycota, possuem alta especificidade em relação aos seus hospedeiros, são parasitas obrigatórios, produzem haustórios intracelularmente, formam teliosporos e basidiosporos e apresentam grande variabilidade genética.

Os carvões são identificados principalmente com base nos sinais (massa pulverulenta escura de teliosporos). Essas estruturas são produzidas no interior das partes da planta modificadas (espiga e meristema no caso do milho e da cana-de-açúcar, respectivamente). Na cana-de-açúcar, o meristema apical sofre modificação e forma o que se denomina de chicote. As modificações morfológicas (hiperplasia celular) nos ovários e no meristema ocorrem devido ao desbalanço hormonal (auxina e citocinina).

Os carvões ocorrem com mais frequência nos grãos devido a infecção do patógeno nos ovários. Os soros (massa escura de teliosporos) podem ser formados também nas folhas, hastes ou nos órgãos florais a depender do hospedeiro. Plantas com carvão são subdesenvolvidas, perfilham em excesso e, em casos raros, morrem.

A sobrevivência do patógeno é assegurada pela produção de teliosporos ou por meio de micélio dormente nos tecidos internos das sementes. Os teliosporos são facilmente dispersos pelo vento a longas distâncias ou pela água da chuva ou da irrigação a curtas distâncias. O carvão da cana-de-açúcar e o carvão do milho são favorecidos quando as plantas são cultivadas em regiões com alta umidade relativa e temperatura elevada (25-30°C). Os carvões dos cereais de inverno são mais severos nas plantas sob condições de temperatura mais amena (16-20°C) e elevada umidade relativa.

Dentre as medidas de controle destas doenças, recomenda-se: (i) uso de cultivares resistentes; (ii) tratamento químico e ou térmico das sementes e toletes; (iii) tratamento químico do solo para reduzir a densidade de inóculo do patógeno em solos altamente infestados; (iv) rotação de cultura e (v) eliminação de plantas vivas doentes para reduzir a taxa de progresso da doença. Além disso, recomenda-se: (i) instalar viveiros de produção de mudas de cana-de-açúcar em solos não infestados pelas estruturas do patógeno e (ii) utilizar material propagativo sadio (sementes, mudas e toletes).

Galhas

Os principais agentes causais das galhas são: bactéria (*Agrobacterium tumefaciens*), protozoário (*Plasmodiophora brassicae*) e nematoides do gênero *Meloidogyne*. As galhas se formam a partir do intumescimento do tecido vegetal decorrente da infecção por um patógeno com capacidade de afetar o balanço hormonal do hospedeiro. As galhas possuem aspecto rugoso e de coloração escura, além de serem constituídas por tecido parenquimatoso e do sistema vascular originados a partir da hiperplasia e hipertrofia das células no sítio de infecção estabelecido pelo patógeno. As galhas ocorrem com maior frequência nas raízes e no colo da planta. Em decorrência da infecção pelo patógeno, ocorre clorose e deficiência de nutrientes nas folhas. O murchamento das plantas pode ser manifestado nas horas mais quentes do dia. As plantas se apresentam subdesenvolvidas e, às vezes, morrem precocemente. Ramificações radiculares surgem nas plantas infectadas por *Plasmodiophora brassicae* caracterizando o sintoma conhecido como cabeleira. Os patógenos causadores de galhas podem sobreviver no solo por longos períodos de tempo.

Como medidas de controle recomenda-se: (i) rotação de cultura; (ii) controle do pH

do solo; (iii) uso de mudas sadias; (iv) evitar o encharcamento da área de plantio; (v) tratamento térmico do solo ou substrato para culturas em cultivo protegido ou mantidas em vasos (mudas de plantas ornamentais ou frutíferas) e (vi) controle biológico utilizando-se *Agrobacterium radiobacter* para o controle de *Agrobacterium tumefaciens*.

Viroses

Os vírus são agentes infecciosos, sub-microscópicos, não celulares e considerados parasitas obrigatórios. Os vírus possuem metabolismo ativo somente quando presentes no interior celular. As principais viroses que acometem a maioria das culturas comerciais são: *citrus tristeza virus* (CTV), *papaya ringspot virus* (PRSV), *passion fruit woodiness virus* (PWV), *cowpea aphid-borne mosaic virus* (CABMV) e várias espécies de vírus pertencentes ao gênero *Begomovirus* (família *Geminiviridae*) e também *potato leafroll virus* (PLRV), *zucchini yellow mosaic virus* (ZYMV), *watermelon ringspot virus* (WMV), *barley yellow dwarf virus* (BYDV), *tomato spotted wilt virus* (TSWV), *tomato chlorotic spot virus* (TCSV), *groundnut ringspot virus* (GRSV) e *lettuce mosaic virus* (LMV).

Os principais sintomas das viroses são: manchas cloróticas que se tornam necróticas, mosaico, enfezamento, clareamento das nervuras, epinastia, atrofia, enrugamento, nanismo e avermelhamento.

A sobrevivência da maioria dos vírus ocorre em plantas daninhas, em sementes e material vegetal propagado vegetativamente. Alguns vírus podem sobreviver nos seus vetores, especialmente quando a relação com eles é do tipo circulativa propagativa e, salvo raras exceções, ocorre transmissão transovariana. A dispersão de alguns vírus por vetores, sementes, material de propagação vegetativa e manuseio de plantas em tratamentos culturais (transmissão mecânica) também é importante para o progresso das viroses.

As principais medidas de controle das viroses são: (i) evitar a introdução do vírus em um local ou área onde o mesmo não ocorre valendo-se de medidas quarentenárias; (ii) uso de sementes e material vegetativo livre de vírus e (iii) eliminação de plantas vivas doentes ("roguing"). Modificações no plantio também podem ser implementadas tais como: (i) estabelecer um período de repouso de dois a três meses, totalmente livre da espécie a ser cultivada; (ii) alterar a data de semeadura com base na flutuação populacional do vetor (exemplo: ácaro, mosca branca e tripses) evitando-se, assim, a ocorrência de picos na incidência da virose e (iii) no caso do cultivo em telados, utilizar telas de malha fina anti-afídeos. O controle químico deve ser utilizado somente nos casos em que a relação vírus-vetor é do tipo circulativa. Nesses casos, recomenda-se o controle de vetores que dispersam os vírus na parte aérea das plantas utilizando-se métodos culturais, biológicos e ou químicos. Para os vírus que são transmitidos por nematoides e ou fungos, o controle deve ser realizado utilizando-se nematicidas e fungicidas recomendados. Quando disponíveis, recomenda-se utilizar plantas resistentes e ou tolerantes a determinados vírus e/ou cultivares resistentes aos vetores (exemplo: presença de tricomas na parte aérea das plantas). No caso dos citros, a imunização pode ser empregada contra o *citrus tristeza virus*. É também recomendado o uso de plantas transgênicas resistentes a determinados vírus, quando disponíveis.