

Patógenos Habitantes do Solo na Cultura do Feijoeiro Comum: Importância, Diagnóstico e Manejo Integrado de Doenças

Murillo Lobo Junior
José Geraldo Di Stefano
Aloísio Sartorato

O feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) possui mais de 20 doenças de origem biótica, causadas por fungos, bactérias, vírus e nematóides. Dentre os diversos patógenos dessa cultura, um grupo caracteriza-se por sobreviver no solo durante vários anos, mesmo na ausência da cultura, em estruturas de resistência. São os chamados “patógenos de solo”, que atacam principalmente o sistema radicular ou até mesmo a parte aérea das plantas, formando lesões que restringem o desenvolvimento das mesmas ou que causam sua morte.

Importância dos Patógenos “de Solo” na Cultura do Feijoeiro

No Brasil, o feijoeiro possui seis fungos de solo de importância epidemiológica e que são transmitidos por sementes. Entre esses, destacam-se *Fusarium oxysporum* f.sp. *phaseoli* (murcha de Fusarium), *Fusarium solani* f.sp. *phaseoli* (podridão radicular seca), *Macrophomina phaseolina* (podridão cinzenta da haste), *Rhizoctonia solani* (= *Thanatephorus cucumeris*) (respectivamente “podridão radicular” e “mela” do feijoeiro) e *Sclerotinia sclerotiorum* (mofobranco). Há também *Sclerotium rolfsii*, fungo sobrevivente no solo e causador da murcha de esclerócio, mas de importância regional.

Vários nematóides infectam a cultura do feijoeiro no Brasil e há relatos do aumento de danos causados por este grupo. Por isso, atenção especial deve ser dada às espécies de *Meloidogyne* spp. e de *Pratylenchus* spp. Além dos danos causados ao sistema radicular por estas espécies, a interação entre

fitonematóides e fungos causadores de podridões radiculares pode aumentar a severidade de suas doenças. Assim, mesmo que a densidade de inóculo de fungos não seja alta, os nematóides podem facilitar os danos no sistema radicular das plantas e reduzir ainda mais sua produtividade.

Todos os fungos sobreviventes no solo são transmitidos por sementes, o que garante seu transporte a longas distâncias e, assim, sua introdução em novas regiões. O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) vem, inclusive, elaborando um padrão de tolerância para patógenos não quarentenários regulamentáveis, que deverá estabelecer a tolerância zero para *S. sclerotiorum*, *C. flaccumfasciens* pv. *flaccumfasciens* e *F. oxysporum* f.sp. *phaseoli*.

Esses patógenos também podem ter suas estruturas de resistência transportadas em solo infestado ou junto aos lotes de sementes. Na ausência de medidas de controle, a cada plantio as plantas infectadas produzirão novas estruturas de resistência, aumentando, cada vez mais, o número de unidades de propagação do fungo no solo. O trânsito de máquinas, implementos, trabalhadores e animais em áreas infestadas auxilia na dispersão dessas estruturas de sobrevivência, podendo levar os patógenos para lavouras próximas. A água de irrigação também pode transportar seus propágulos.

As estruturas de resistência podem pertencer a dois grupos: esclerócios (no caso de *S. sclerotiorum*, *R. solani* e *T. cucumeris*, *R. solani* e *M. phaseolina*) ou clamidosporos (*F. solani* e *F. oxysporum*). Como estão na superfície ou enterradas no solo, dificilmente são alcançadas pelos fungicidas químicos. Quase todas as espécies desse grupo de fungos sobrevivem em restos culturais e possuem centenas de plantas hospedeiras, o que dificulta muito seu controle por rotação de culturas. Na maioria dos casos, não há resistência genética disponível a essas doenças, no feijoeiro comum.

Espécies como *F. solani*, *R. solani* e *Pratylenchus brachyurus* podem ser encontradas em diversas áreas de vegetação nativa, podendo, desse modo, ser endêmicas em algumas regiões. Por se multiplicarem rapidamente e por serem tão destrutivos, é importante que o ambiente no local de plantio dificulte sua proliferação, o que pode ser alcançado por meio de medidas preventivas, aplicadas antes da semeadura da lavoura. Nesse caso, são recomendadas práticas que facilitem a germinação rápida e uniforme de plantas, para a formação de um sistema radicular vigoroso que viabilize o desenvolvimento adequado das plantas.

As duas espécies de *Fusarium* possuem poucas hospedeiras, sendo *F. oxysporum* f.sp. *phaseoli* praticamente específico de *P. vulgaris* (também ataca caupi [*Vigna unguiculata*]). Já alguns isolados de *F. solani* f. sp. *phaseoli*, podem infectar tanto o feijão como a soja. Em contraste, *S. sclerotiorum*, *R. solani*, *M. phaseolina* e *S. rolfsii* possuem centenas de hospedeiras, entre elas soja, algodão, ervilha, tomate, amendoim, fumo, girassol e muitas outras espécies entre leguminosas, solanáceas, crucíferas entre outras famílias botânicas, o que ressalta ainda mais a importância de se monitorar a qualidade do solo. Desse grupo, *M. phaseolina* também ataca gramíneas como milho e sorgo, além das já citadas, restringindo ainda mais as opções para rotação de culturas.

É essencial que haja um ambiente favorável para a ocorrência de qualquer doença. Todas as aqui relatadas são favorecidas pela compactação e alta umidade do solo, à exceção da podridão cinzenta da haste, que prefere solos mais secos. O mofo-branco, as podridões radiculares e a murcha de *Fusarium* preferem temperaturas amenas (18 - 20° C) para se desenvolverem. A mela, a murcha de esclerócio e a podridão cinzenta da haste são doenças predominantes em temperaturas quentes. Como o clima das diferentes regiões brasileiras favorece a ocorrência de pelo menos duas dessas doenças, é muito importante planejar os plantios, com o preparo do solo de maneira adequada, e o plantio em épocas que desfavoreçam as doenças de maior importância. Caso haja irrigação, seu uso também deve ser bem planejado, evitando o excesso de água que favorecerá podridões e murchas. As doenças do feijoeiro comum causadas por patógenos de solo podem ser reconhecidas de acordo com seus sintomas que, junto aos métodos de seu controle, estão descritos a seguir.

Mela do feijoeiro (*Thanatephorus cucumeris*)

Quando a doença ocorre em período mais seco, surgem pequenas manchas necróticas (de 5 a 10 mm de diâmetro) de centro marrom e margens verde-oliva nas folhas, que geralmente são destruídas em 2 ou 3 dias. Sob alta umidade, são formadas pequenas manchas úmidas, tipo escaldadura (Fig. 1), de cor verde-acinzentada, com as margens castanho-avermelhadas que podem atingir folhas, caule e vagens, formando uma teia micélica, afetando toda a planta e as plantas vizinhas. Normalmente, ocorre uma grande desfolha, mas a teia micélica pode impedir a desfolha total porque ela interliga as folhas às outras partes da planta. Nessas folhas secas, presas ao caule, é produzido um grande número de escleródios de cor castanho-clara, arredondados e pequenos, com menos de 1 mm de diâmetro.



Fig. 1. Sintoma de escaldadura causada pela mela (A) e escleródios de *Thanatephorus cucumeris* formados (B) em plantas de feijoeiro comum. Santo Antônio de Goiás, 2006.

Existem várias alternativas para o controle da mela no feijoeiro, como o uso de sementes sadias, plantio sobre palhada (de preferência de braquiárias) e o plantio de cultivares de porte ereto. O plantio de cultivares de porte ereto faz com que haja um menor contato entre plantas doentes e suas vizinhas, retardando a disseminação da doença. Além disso, a arquitetura ereta facilita a passagem da luz solar e do vento entre as fileiras, para que haja um menor tempo de molhamento foliar na cultura.

A época ideal de plantio da cultura em áreas com histórico da mela deve permitir que o florescimento e a formação de vagens do feijoeiro - que favorecem o desenvolvimento da mela - ocorram sob condições climáticas desfavoráveis à doença, principalmente no período menos chuvoso. Outro fator que colabora na formação do ambiente inadequado à mela é o espaçamento entre fileiras. Quanto menos adensado o plantio, menor a retenção de umidade em torno da planta. Apesar dos esforços por parte de diferentes instituições e pesquisadores, ainda não foram obtidas cultivares com níveis satisfatórios de resistência à mela. Entretanto, foi observado que cultivares de grão preto suportam melhor a doença. Cultivares de ciclo precoce e com tolerância à seca podem possibilitar o plantio fora da época das chuvas mais intensas, sem prejudicar a produtividade.

A cobertura morta destaca-se entre as práticas culturais mais eficientes para o controle da mela, em especial, quando formada com 8-10 ton/ha de massa seca após a dessecação de *Brachiaria ruziziensis* ou *B. brizantha*. A palhada de *Brachiaria* spp. tem vantagem sobre a de outras espécies por degradar mais lentamente, protegendo a cultura por mais tempo. Dessa forma, atua como barreira física e impede que os respingos da chuva atinjam o solo, levando escleródios do patógeno para a planta. A palhada de braquiárias apresenta também a vantagem de manter a umidade do solo nos plantios tardios, além de

reduzir as plantas daninhas e proporcionar maior diversidade de micro-organismos benéficos no solo.

Não há, atualmente, fungicidas registrados no MAPA para o controle da mela, apesar de vários ingredientes ativos terem efeito sobre a doença. Para informações atualizadas, basta consultar a base de dados AGROFIT¹ ou SIA².

Podridão radicular seca (*Fusarium solani* f. sp. *phaseoli*)

Os sintomas iniciais dessa doença são estrias longitudinais, de coloração avermelhada, no hipocótilo e na raiz de plântulas ou plantas jovens. Posteriormente, surgem lesões irregulares, avermelhadas, que coalescem com o desenvolvimento da doença, tornando-se marrons, sem margens definidas, estendendo-se até a superfície do solo (Fig. 2). Na raiz primária, surgem fissuras longitudinais necróticas. As raízes primárias geralmente são destruídas, impossibilitando as plantas de absorverem água e nutrientes da maneira adequada às suas necessidades. Pode ocorrer o desenvolvimento de raízes adventícias acima da área lesionada, ou destruição de todo o sistema radicular. O resultado é um estande irregular, formado por plantas pouco desenvolvidas.



Fig. 2. Sintomas da podridão radicular seca do feijoeiro comum, causada por *Fusarium solani*.

¹ http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons

² <http://www4.anvisa.gov.br/agrosia/asp/default.asp>

A podridão radicular seca é favorecida por temperaturas baixas, pela compactação e alta umidade do solo, comuns onde há cultivo intensivo do feijoeiro. Em solos compactados e úmidos há uma menor taxa de difusão de oxigênio e um menor número de macroporos, que restringem o comprimento das raízes à camada mais superficial do solo, justamente onde se acumula a maior proporção do inóculo de *F. solani*.

Entre as medidas de controle da doença, o tratamento das sementes com os fungicidas carboxim + thiram, carbendazim + thiram, fludioxonil ou difeconazole pode evitar a introdução do patógeno na área de plantio ou proteger as plantas em seu desenvolvimento inicial. Além do emprego de cultivares que produzam um maior volume de raízes (ex: BRS Pontal), recomenda-se a semeadura à profundidade de 2,5 cm a 3 cm, evitando-se um número excessivo de plantas na linha, o plantio em solos bem drenados e fertilizados, assim como evitar fermentos nas raízes. Notadamente, observa-se a queima de raízes de plântulas pelo seu contato com o adubo de plantio, em especial o KCl, que tem maior efeito salino. Como alternativas, pode-se evitar a proximidade entre adubo e sementes regulando a plantadeira, ou utilizar MAP no plantio com aplicação à lanço do KCl logo após a semeadura.

Convém ainda antecipar a adubação de cobertura ou, com o cultivador, deslocar o solo para a base da planta estimulando seu enraizamento lateral acima dos tecidos lesionados. A descompactação do solo com subsolador também reduz a severidade da doença. Dados de pesquisa indicaram a eficiência de braquiárias como *B. ruziziensis*, *B. brizantha* e *B. plantaginea*, em rotações para formar palhada, como ótimo supressor da doença. Rotações com milho não são aconselháveis em áreas muito atacadas.

Podridão radicular de *Rhizoctonia (Rhizoctonia solani)*

O organismo causador dessa doença é um habitante comum na maioria dos solos cultivados e é capaz de atacar diferentes espécies vegetais. Sua importância em cultivos do feijoeiro comum tem aumentado em rotações com outras leguminosas e com a expansão do cultivo irrigado de feijoeiro no inverno. O patógeno pode afetar as sementes, as quais apodrecem no solo antes ou durante a germinação. Quando a infecção ocorre no estágio de plântula, o fungo produz lesões na base do caule, que resultam em morte de boa parte do sistema radicular (Fig. 3) e/ou tombamento. As vagens em contato com o solo também podem ser infectadas e apresentar lesões.



Fig. 3. Danos em plântulas de feijoeiro, causados pela podridão radicular de *Rhizoctonia solani*, com necrose e morte de raízes.

O controle da doença inclui o emprego de sementes saudáveis, o tratamento da semente com os fungicidas captan, carboxim, quintozene, carboxim + thiram ou thiram, a aplicação de fungicidas pulverizados no sulco de plantio e das mesmas práticas culturais recomendadas para controle da podridão radicular seca.

Mofobranco (*Sclerotinia sclerotiorum*)

Em geral, o mofobranco inicia-se na junção do pecíolo com a haste, aproximadamente de 10 a 15 cm acima do solo com a formação de micélio branco abundante (Fig. 4), onde as flores e folhas desprendidas ficam geralmente retidas. O início da infecção geralmente coincide com o fechamento da cultura e o florescimento, quando pétalas de flores senescentes são colonizadas pelo fungo que, a seguir, invade outros órgãos da planta. Dependendo do local e da extensão da necrose, a planta pode amarelecer e morrer.

A sobrevivência de *S. sclerotiorum* no solo ocorre por meio de escleródios, que podem permanecer viáveis por oito anos, mesmo que não se plante o feijoeiro comum ou outras de suas mais de 400 plantas hospedeiras. Considera-se que toda planta de folhas largas seja uma hospedeira já conhecida ou em potencial desse patógeno, sendo que as gramíneas não são afetadas por *S. sclerotiorum*. Após um período de exposição em solo com alta umidade e temperaturas favoráveis (geralmente entre 18-22° C), os escleródios germinam, produzindo

cogumelos em forma de taça, chamados de apotécios. Na parte superior dos apotécios são formados milhares de esporos (ascósporos), que são lançados ao ar. Quando atingem as flores em senescência que caem sobre hastes ou folhas, se dá início ao processo infeccioso da planta.



Fig. 4. Escleródios de *Sclerotinia sclerotiorum* com a formação de apotécios, e sintomas do mofo-branco em feijoeiro comum.

As recomendações para o controle do mofo-branco em feijoeiro envolvem práticas culturais como:

- Exclusão e tratamento de sementes - quando o patógeno está ausente de uma determinada área ou região, medidas que dificultam sua introdução devem ser rigorosamente obedecidas. As mais eficientes são o controle rigoroso da sanidade de sementes das culturas a serem introduzidas na área.
- Proibição do tráfego de pessoas e equipamentos provenientes de áreas infestadas.
- Inspeção rigorosa da cultura durante a floração, quando há maior predisposição à doença, objetivando a detecção de pequenos focos para proceder à erradicação. Deve-se observar também a formação de apotécios na superfície do solo.
- O controle químico do mofo-branco deve ser preventivo, feito logo após o surgimento concomitante de apotécios e flores na cultura. Como o patógeno não infecta tecidos verdes sem o auxílio de flores infectadas, não há necessidade de pulverizações durante o desenvolvimento vegetativo das plantas.
- O abafamento do solo, causado por alta densidade de plantio, cultivares de hábito prostrado, excesso de adubação nitrogenada e irrigação ou chuvas intensas favorecem o desenvolvimento da doença. Evitar tais condições é importante para que não haja epidemias de difícil controle.
- Em áreas sob clima tropical e infestadas por *S. sclerotiorum*, o plantio deve ser feito sobre palhada de braquiárias. Na Região Sul, onde o clima frio é prejudicial a essas forrageiras, outras gramíneas podem ser usadas, desde

que formem uma camada uniforme de palha com degradação lenta, para proteção da cultura durante sua fase reprodutiva. O triticale é uma das espécies que podem ser utilizadas nessa situação.

Uma vez detectada a doença, haverá grandes dificuldades para a produção de sementes, pois a legislação fitossanitária de vários estados condena campos de produção de sementes onde o mofo-branco é detectado. Para assegurar que o patógeno não seja introduzido em novas áreas via sementes, é recomendável que elas recebam tratamento com fungicidas sistêmicos e de contato.

Geralmente, há menor porcentagem de plantas doentes nos espaçamentos maiores e em plantas de porte ereto e arbustivo, pelas mesmas razões que restringem o desenvolvimento da mela (menor contato entre plantas, menor período de molhamento foliar). Entretanto, o hábito de crescimento “ereto” não evita a ocorrência da doença no campo, pois cultivares de hábito de crescimento Tipo I (arbustivo) são tão suscetíveis quanto as do Tipo II (prostrado). A dificuldade de desenvolvimento do mofo-branco devido ao posicionamento de plantas na lavoura e arquitetura dessas plantas confere o “escape” parcial da doença.

A utilização de palhada de gramíneas como braquiárias (*B. brizantha*, *B. ruziziensis*), arroz, trigo e aveia com 3 a 5 cm de espessura sobre o solo, pode reduzir a população do mofo-branco, mesmo em solos ricos em matéria orgânica. A cobertura morta do solo, associada ao plantio direto, serve de barreira física à formação de estruturas do fungo (apotécios) na superfície do solo, que necessitam de luz para completar sua formação. Além disso, a palhada pode incrementar populações de micro-organismos que atacam os escleródios no solo. Para conseguir uma palhada que cubra totalmente o solo, coberturas mortas obtidas de palhada de braquiárias têm sido mais eficientes que as obtidas a partir do milho, sorgo e milheto, nos Cerrados.

A rotação de culturas para controlar o mofo-branco pode ser melhor utilizada também com gramíneas adensadas, como milheto, milho doce, aveia e trigo, além das braquiárias. Sob chuvas frequentes ou irrigação, promovendo a saturação do solo próxima à capacidade de campo e queda da temperatura para em torno de 20°C, os escleródios apodrecem ou germinam. Quanto maior o número de apotécios formados sob estas plantas não hospedeiras, maior a sua chance de esgotamento, forçando uma queda da densidade de inóculo para o próximo plantio do feijoeiro comum.

Deve-se observar que muitas plantas daninhas de folhas largas são hospedeiras do mofo-branco e devem ser controladas na lavoura, tais como: carrapicho (*Acanthospermum australe*), mentrasto (*Ageratum conyzoides*), caruru (*Amaranthus spinosus*), picão (*Bidens pilosa*), mostarda (*Brassica nigra*), fazendeiro (*Galinsoga parviflora*), marselha (*Gnaphalium spicatum*), serralha (*Sonchus oleraceus*), vassoura (*Sida* sp.), falsa-serralha (*Emilia sonchifolia*), amendoim bravo (*Euphorbia heterophylla*), corda de viola (*Ipomoea* sp.), erva quente (*Borreria alata*) e colza (*Brassica napus*).

O enterrio profundo de escleródios é recomendado em áreas onde densidades maiores que 15 escleródios/m² de solo inviabilizam a cultura do feijoeiro, e o controle químico torna-se ineficiente. Nesse caso, o enterrio de escleródios a 20 ou 30 cm de profundidade, com arado de aiveca, permite o restabelecimento dos níveis econômicos da produção. Uma vez “tombado” o solo, faz-se necessária a imediata adoção do plantio direto por vários anos. Caso contrário, uma nova aração trará os escleródios novamente para as camadas próximas à superfície. Durante o período sob plantio direto, espera-se que os escleródios sejam destruídos por bactérias e/ou fungos competidores.

A severidade do mofo-branco diminui quando o intervalo entre as irrigações aumenta. Nos Cerrados brasileiros, é muito importante evitar o excesso de água no solo, especialmente durante a floração do feijoeiro. Com essa atitude, os produtores de áreas sob irrigação com pivô central devem reduzir a lâmina de água aplicada onde há desuniformidade de aplicação e onde ocorre maior acúmulo de água. O uso de tensiômetros é altamente recomendável para monitorar a necessidade de água da cultura, indicando a necessidade de irrigação.

O corte de água de irrigação, quando a doença se estabelece, só deve ser efetuado após a aplicação dos fungicidas. Se a irrigação for cortada antes da pulverização, o fungo acelera a formação de escleródios e aumenta a fonte de inóculo para as safras seguintes. Nesse caso, o uso de fungicidas tem pouca ou nenhuma utilidade. Vale salientar que a compactação facilita o acúmulo de água nas camadas superficiais do solo, e conseqüente germinação de escleródios.

Os fungicidas fluazinam e procimodone são os mais eficientes para controle do mofo-branco, entre outros atualmente registrados no MAPA, para essa doença. É também muito importante definir estrategicamente o momento adequado do controle químico, incluindo, quando necessário, o intervalo ideal para outras aplicações,

a persistência dos produtos em nível de campo, o limiar de atuação desses produtos e o modo de aplicação. A população de escleródios no solo não germina simultaneamente, podendo haver formação de apotécios durante várias semanas consecutivas. Por essas razões, o monitoramento da formação de apotécios e do desenvolvimento da doença é essencial para o sucesso do controle químico.

A simples presença de apotécios no campo não determina a aplicação de fungicidas, mas sim a presença simultânea de flores e de apotécios. A eficiência do controle químico reside, principalmente, no caráter preventivo de seu uso, ou seja, antes da doença se manifestar. O controle curativo é duvidoso e, apesar de reduzir o potencial do inóculo para safras posteriores, tem pouco ou nenhum efeito sobre o ganho econômico. Em nenhum caso devem ser utilizadas subdosagens dos produtos.

Nenhuma cultivar de feijão apresenta resistência ao mofo-branco. O patógeno produz diversas toxinas e enzimas que dificultam os trabalhos de melhoramento (é preciso que haja, em uma mesma cultivar, resistência a vários desses mecanismos de ataque). Variedades consideradas resistentes em outros países também se comportam como suscetíveis no Brasil, principalmente em áreas altamente infestadas.

A prevalência de condições favoráveis à doença no Centro-Sul do país tem levado à exploração de novas áreas para a produção do feijoeiro comum, para a obtenção de sementes sadias. Entre essas, se destaca o plantio em várzeas tropicais no Estado do Tocantins, onde o calor, quando somado ao alagamento da várzea (que apodrece os escleródios no solo), forma condição desfavorável ao desenvolvimento de *S. sclerotiorum*.

Murcha de Fusário (*Fusarium oxysporum*)

A murcha de fusário ou amarelecimento de fusarium tem início com a invasão do sistema radicular pelo fungo, que se desenvolve em direção ao xilema, causando seu escurecimento (Fig. 5). As folhas tornam-se progressivamente amareladas e, em seguida, secam e caem. Plantas jovens, quando infectadas, têm seu crescimento reduzido. Em condições de campo, pode-se observar a perda de turgescência, especialmente durante o enchimento de vagens. Quando a infecção é severa, a planta morre e, em condições de alta umidade, desenvolvem-se sobre o caule estruturas de coloração rosada, constituídas de micélio e conídios do fungo. A severidade da murcha de fusário aumenta com a presença dos

nematóides *Meloidogyne* spp. e *Pratylenchus* spp., cujos ferimentos nas raízes do feijoeiro comum funcionam como porta de entrada para o *Fusarium*.



Fig. 5. Escurecimento do xilema e murcha em plantas de feijoeiro, causados pela murcha de fusário.

O controle da doença pode ser obtido via resistência genética do hospedeiro e por meio de práticas culturais. Como pode ser disseminado por sementes infectadas, o uso de sementes sadias e tratadas é recomendado para a implantação de lavouras. *Fusarium oxysporum* f.sp. *phaseoli* apresenta cinco raças conhecidas com alta especificidade, sendo o único caso de doença “de solo” no feijoeiro comum onde há resistência genética disponível. É importante frisar que uma cultivar pode não ser resistente a todas as raças do patógeno. Para saber quais as raças são encontradas em uma região, e assim indicar cultivares resistentes para o plantio, é preciso que amostras do fungo sejam inoculadas em uma série de cultivares “diferenciadoras”. Instituições de pesquisa ou de ensino que trabalham com feijão comum podem fazer a identificação de raças de *F. oxysporum* f.sp. *phaseoli*.

A principal medida de controle é evitar a entrada do patógeno em áreas isentas, seja por sementes infectadas, seja pela água de irrigação contaminada ou em partículas de solo infectadas aderidas nos equipamentos agrícolas. Outra medida é a rotação de culturas com espécies de braquiárias ou o milho. O patógeno pode sobreviver no sistema radicular de outras plantas, como

guandú, stilosantes e crotalárias, que por esse motivo não são recomendadas para rotação com o feijoeiro comum, onde se deseja controlar *F. oxysporum* f.sp. *phaseoli*. A aração e a gradagem propiciam melhor controle da doença do que o uso do escarificador ou mesmo que o plantio direto, pois reduzem a população do patógeno próxima à superfície do solo. A aplicação de nitrogênio, antecipadamente, melhora a produtividade de áreas infestadas por *F. oxysporum*, assim como a calagem e a adubação equilibrada.

Podridão Cinzenta da Haste (*Macrophomina phaseolina*)

As plântulas são infectadas durante estresse hídrico por sementes infectadas ou, então, pelos escleródios existentes no solo (que germinam para causar a infecção das plantas). São formados cancrs pretos, deprimidos, com margens bem definidas, os quais podem rodear completamente o caule (Fig. 6). Acima da lesão, a plântula amarelece e murcha, e pode se quebrar na altura da lesão. Em plantas já desenvolvidas, a doença progride mais lentamente, causando raquitismo, clorose e desfolhamento prematuro, particularmente do lado onde se localiza a lesão, na qual podem aparecer massas de escleródios. O centro da lesão torna-se cinza e aparecem numerosos corpos frutíferos pretos denominados picnídios, macroscópicos, porém de menor tamanho que os esclerócios. As vagens em contato com o solo contaminado são invadidas pelo fungo, infectando as sementes. A doença é particularmente favorecida por altas temperaturas e estresse hídrico. Raramente ocorre durante a ocorrência de chuvas regulares ou em áreas irrigadas.



Fig. 6. Necrose da haste e formação de picnídios de *Macrophomina phaseolina* em feijoeiro, como resultado da podridão cinzenta da haste.

O controle dessa doença inclui o emprego de sementes saudáveis, o tratamento da semente com thiram, carboxim + thiram, fludioxonil ou difeconazole e o emprego de práticas culturais como a aração profunda, para enterrar

resíduos contaminados. A rotação de culturas é de valor duvidoso, por causa da ampla gama de hospedeiros do fungo, pois além de dicotiledôneas *M. phaseolina* também pode infectar milho e sorgo. Outras práticas já recomendadas para o controle de podridões radiculares também favorecem o controle da podridão cinzenta da haste, uma vez que permitem o melhor enraizamento de plantas ou conservação da umidade no solo. Nesse caso, raízes que cresçam mais profundamente podem ter contato com maior quantidade de água do que o disponível próximo à superfície do solo. A palhada, por sua vez, auxilia na conservação de água no solo, evitando o ambiente favorável à doença.

Podridão do colo ou podridão de esclerócio (*Sclerotium rolfsii*)

Os sintomas iniciais aparecem no colo das plantas, ao nível do solo, como manchas escuras, encharcadas, estendendo-se pela raiz principal e produzindo uma podridão cortical, frequentemente recoberta por um micélio branco, no qual se desenvolvem numerosos esclerócios pardos, do tamanho de um grão de mostarda (Fig. 7). Na parte aérea, as plantas apresentam amarelecimento e desfolhamento dos ramos superiores e uma murcha repentina que conduz à seca total.



Fig. 7. Escleródios de *Sclerotium rolfsii* formados sobre o solo (A), e morte da planta do feijoeiro após a ocorrência da murcha de esclerócio (B).

As medidas de controle da doença incluem o emprego de sementes saudáveis, a aplicação de fungicidas (tiofanato metílico) na semente e no sulco de plantio e práticas culturais, como a rotação de culturas com não hospedeiras (gramíneas), erradicação de plantas daninhas suscetíveis, enterrio do inóculo pela aração profunda e aumento do espaçamento entre plantas.

Manejo de doenças causadas por patógenos habitantes do solo, na cultura do feijoeiro comum

Os sistemas produtivos de cultivo do feijoeiro comum foram submetidos a diversas mudanças tecnológicas nas últimas décadas, de intensidade variável conforme a região, as quais foram responsáveis por mudanças drásticas nas relações planta x patógenos x ambiente x micro-organismos. Tais mudanças permitiram um salto do potencial produtivo da cultura de 500 kg ha⁻¹ para mais de 5.000 kg ha⁻¹ desde a década de 60 até esse início de século XXI, porém, em muitos casos sem a redução proporcional dos riscos conhecidos ao cultivo dessa espécie.

Entre as principais mudanças tecnológicas que proporcionaram o aumento de produtividade do feijoeiro comum estão a disponibilização de novas cultivares, a semeadura direta, os plantios em safrinha, os novos insumos e os cultivos irrigados. As mudanças nos sistemas produtivos são aparentemente irreversíveis e, conforme os plantios foram intensificados, doenças de importância secundária adquiriram importância epidemiológica, como as podridões radiculares e o mofo-branco. A seguir, são apresentadas opções de manejo de doenças que consideram o desenvolvimento, a disseminação e o bom uso de tecnologias.

Com o uso de grãos próprios em 90% dos plantios do feijoeiro comum, há uma grande facilidade para que uma série de doenças de importância econômica sejam perpetuadas no campo, comprometendo o sucesso de inovações tecnológicas. Portanto, o controle de doenças requer a combinação de medidas já consagradas e outras de desenvolvimento mais recente, as quais compõem o manejo integrado de doenças. Muitas práticas culturais estão disponíveis, mas infelizmente percebe-se que elas frequentemente não são consideradas. São tecnologias simples e acessíveis a um grande número de agricultores e que, quando bem executadas, são denominadas de “tecnologia capricho” (KLUTHCOUSKI et al., 2007). Ou seja, realizar o manejo correto, na hora certa, com produtos e equipamentos adequados e na dosagem exata é essencial. A Tabela 1 traz exemplos de diferentes métodos de controle para o controle de doenças (de solo e também da parte aérea), úteis para a cultura do feijoeiro comum.

Em sua maioria, as práticas listadas acima podem ser aplicadas em inúmeros ambientes. Os problemas na lavoura ocorrem justamente quando se confia o controle de doenças a apenas um ou poucos desses métodos, sem considerar as características de cada patossistema. Alguns resultados de pesquisas realizadas em campo são apresentadas a seguir.

Tabela 1. Número de patógenos que infectam o feijoeiro comum para os quais a resistência genética, o controle químico, o controle biológico e práticas culturais são componentes importantes para o controle de doenças e alvo principal do método (adaptado de HALL; NASSER, 1996).

Prática	Patógenos					Total	Alvo principal		
	Fungos	Bactérias	Vírus	Nematóides	Micoplasma		Patógeno	Planta	Ambiente
Rotação de culturas	25	4	2	1	1	33	+	+	+
Resistência genética	14	0	1	10	0	25	-	+	-
Controle químico	15	4	0	5	0	24	+	+	-
Sementes sadias	9	4	0	4	0	17	+	-	-
Controle de plantas daninhas	4	4	2	5	1	16	+	-	-
Sistemas de plantio	12	2	2	0	0	16	+	+	+
Consórcios	7	2	0	3	0	12	+	+	+
Uso adequado da irrigação	5	1	0	5	0	11	+	+	+
Controle biológico	5	0	0	5	0	10	+	+	-
Drenagem do solo	10	0	0	0	0	10	+	+	+
Espaçamento entre fileiras	9	0	0	0	0	9	+	+	+
Controle de restos culturais	5	4	0	0	0	9	+	-	-
Distanciamento de culturas	0	1	0	7	1	9	+	-	-
Época de plantio	3	0	0	4	1	8	+	+	+
Ajuste da fertilidade do solo	6	0	0	0	0	6	+	+	+
Aporte de matéria orgânica	6	0	0	0	0	6	+	+	+
Controle de plantas voluntárias	1	4	0	0	0	5	+	-	-
Controle do trânsito na lavoura	1	4	0	0	0	5	+	-	-
Temperatura do solo	5	0	0	0	0	5	+	+	+
Planejamento da colheita	4	0	0	0	0	4	+	+	+
Pousio limpo	1	0	2	0	0	3	+	-	+
Uso de palhada	2	0	0	1	0	3	+	+	+
Arquitetura de plantas para escape de doenças	3	0	0	0	0	3	+	+	+
Semeadura rasa	2	0	0	0	0	2	+	+	-
Escolha da direção do plantio	2	0	0	0	0	2	+	+	+

Uso da arquitetura de plantas para escape das doenças

Estudos de pós-melhoramento podem aproveitar características das cultivares que possam gerar um escape parcial das doenças. Em cultivares com hábito de crescimento tipo 1 e tipo 2 (como BRS Horizonte, IAPAR 81 e FT Magnífico), o desenvolvimento da mela e do mofo-branco ocorre mais tardiamente, em comparação a cultivares de crescimento prostrado, onde grandes reboleras dessas doenças podem ser formadas e disseminá-las rapidamente dentro da lavoura (COSTA, 2007). Do mesmo modo, cultivares que possam desenvolver rapidamente um sistema radicular vigoroso, como BRS Pontal, podem sofrer menos danos causados por *F. solani* e *R. solani*.

Rotação de culturas com *Brachiaria* spp.

A ocorrência do mofo-branco, das podridões radiculares e da murcha causada por *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli* em alta severidade pode ser

facilmente observada em plantios sobre solo compactado, sem um esquema racional de rotação de culturas. A desinfestação de solos tem sido obtida com eficiência em sistemas de Integração Lavoura-Pecuária, onde a supressão de patógenos ocorre com o manejo de espécies de *Brachiaria*, em especial *B. brizantha* e *B. ruziziensis*. Junto ao aporte de matéria orgânica no solo e à formação de palhada, há um aumento da atividade de micro-organismos que reduzem o inóculo de patógenos (COSTA; RAVA, 2003; TOLEDO-SOUZA, 2006). A palhada também funciona como uma barreira física à formação de apotécios de *S. sclerotiorum*, que dependem de luz para completar seu desenvolvimento.

O sistema radicular da forrageira também pode romper camadas compactadas, com melhores resultados a partir de dois anos após seu plantio. As raízes do feijoeiro comum se aproveitam da melhor estrutura do solo e dos espaços deixados pelas raízes decompostas da braquiária para atingirem camadas mais profundas do solo, facilitando tanto sua nutrição quanto o escape de podridões radiculares.

Sob a braquiária em crescimento, também se pode formar um microclima favorável à germinação de apotécios de *S. sclerotiorum* (ou outra espécie que também favoreça à formação de um microclima favorável à germinação carpopôgica), mantendo-se a umidade do solo alta por algumas semanas. Nesse ambiente, a formação de apotécios é induzida sob uma cultura não-hospedeira e pode levar ao esgotamento de uma grande quantidade de escleródios no solo, que não germinam novamente (GÖRGEN et al., 2007).

Controle biológico de doenças

Essa forma de controle de doenças tem se expandido no Brasil por poder reduzir a densidade de inóculo de patógenos, proteger raízes e promover o crescimento das plantas. Seu uso de forma empírica tem levado a vários casos de frustrações, que por consequência têm gerado críticas e desinteresse pela técnica. O maior problema do controle biológico tem sido a falta de estudos sistematizados em campo. Para todos os casos, é essencial compreender que esse método segue o mesmo princípio que permite a ocorrência de doenças: a relação entre patógeno × hospedeiro × ambiente × micro-organismos (Fig. 8). Ou seja, sem a interação entre esses componentes, não há sucesso no controle biológico de doenças.

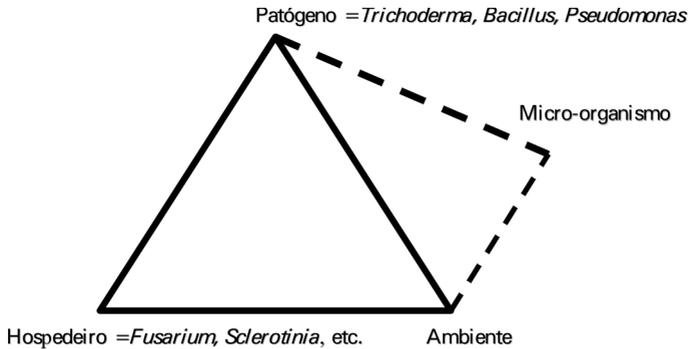


Fig. 8. Fatores necessários para a compreensão e o sucesso do controle biológico de doenças (Adaptado de GÄUMANN, 1950).

Antagonistas como *Trichoderma harzianum* podem aumentar o período de proteção às raízes após o tratamento de sementes com fungicidas sintéticos (desde que compatíveis), incrementando o controle de podridões radiculares e a produtividade cultura (LOBO JUNIOR, 2005). Da mesma forma, formulações de *Trichoderma* spp. podem ser aplicadas em jato dirigido ao sulco de plantio, para controle de doenças radiculares. Para redução da população de escleródios de *S. sclerotiorum*, a aplicação do antagonista deve ser feita via barra de pulverização ou água de irrigação, para cobrir 100% da área infestada com o patógeno.

Em diversos experimentos conduzidos pela Embrapa Arroz e Feijão, observou-se que diferentes dosagens de antagonistas produzem uma curva de resposta, em termos de controle de doenças e aumento de produtividade. Acima da dosagem "ideal", a eficiência do controle biológico e a produtividade caem, junto com a relação custo \times benefício. Para *S. sclerotiorum*, obteve-se até 65% de parasitismo de escleródios, após tratamento preventivo nos estágios V3 ou V4. Além do sombreamento do solo fornecido pela cultura, o antagonista se beneficia também da maior atividade microbiana no solo, consequência da liberação de exudatos pelas raízes.

A estratégia de integração de métodos tem sido uma forma eficiente para o controle de doenças, com resultados satisfatórios. Devido à constante adaptação dos patógenos às cultivares e aos agroecossistemas, as soluções para controle precisam acompanhar com rapidez o surgimento de novos problemas. Para que as instituições públicas e privadas possam atender às novas demandas, a estratégia de integração de esforços e de competências segue a mesma lógica do controle de doenças. Ao localizar áreas de interesse, planejar corretamente,

coletar corretamente informações, empregar metodologias e recursos humanos capacitados, ganha-se em produtividade e soluções são disponibilizadas.

Referências

COSTA, G. R. **Estratégias para o manejo integrado da mela do feijoeiro causada por *Thanatephorus cucumeris***. 2007. 103 f. Tese (Doutorado em Fitopatologia) - Universidade de Brasília, Brasília, DF.

COSTA, J. L. da S.; RAVA, C. A. Influência da braquiária no manejo de doenças do feijoeiro com origem no solo. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. (Ed.). **Integração lavoura pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p. 523-533.

GÄUMANN, E. **Principles of plant infection**. London: Crosby Lockwood, 1950. 543 p.

GÖRGEN, C. A.; LOBO JUNIOR, M.; CARNEIRO, L. C.; GONTIJO, G. H. de A.; PIMENTA, G.; SILVEIRA NETO, A. N. Manejo integrado de *Sclerotinia sclerotiorum* na cultura da soja. In: CONGRESSO DE PESQUISA, ENSINO E EXTENSÃO, 4., 2007, Goiânia. **Ciência, educação e compromisso social: anais...** Goiânia: Universidade Federal de Goiás, 2007. 1 CD-ROM.

HALL, R.; NASSER, L. C. B. Practice and precept in cultural management of bean diseases. **Canadian Journal of Plant Pathology**, Ontario, v. 18, n. 2, p. 176-185, June 1996.

KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H.; THUNG, M. Principais problemas da cultura do feijão no Brasil. In: FANCELLI, A. L.; DOURADO-NETO, D. (Ed.). **Feijão: estratégias de manejo para alta produtividade**. Piracicaba: ESALQ, 2007. p. 53-102.

LOBO JUNIOR, M. Controle de podridões radiculares no feijoeiro comum com o fungicida microbiano trichodermil. In: COBUCCI, T.; WRUCK, F. J. (Ed.). **Resultados obtidos na área pólo de feijão no período de 2002 a 2004**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. p. 13-17. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 174).

TOLEDO-SOUZA, E. D. de. **Influência de sistemas de cultivo e de sucessões de culturas em patógenos de solo do feijoeiro-comum (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 2006. 100 f. Tese (Doutorado em Fitopatologia) - Universidade de Brasília, Brasília, DF.