

CAPÍTULO 18

Manejo Integrado de Doenças do Feijoeiro Comum

Murillo Lobo Junior

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 este 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 afetaram a incidência e severidade de doenças estão a semeadura direta, os cultivos em safrinha e sob irrigação, a adoção em larga escala de poucas cultivares, todas suscetíveis aos patógenos que habitam o solo. Entre os antigos problemas do feijoeiro comum permanecem o uso de grãos próprios em 90% dos cultivos, que perpetuam uma série de doenças de importância econômica no campo e que comprometem o sucesso de inovações tecnológicas. Portanto, o controle de doenças requer a combinação de práticas já consagradas e outras de desenvolvimento mais recente, as quais compõem o manejo integrado de doenças (HALL; NASSER, 1996). A seguir, estão as práticas consideradas imprescindíveis para o controle de doenças do feijoeiro comum.

Uso de Sementes de Qualidade

A obtenção de 100% de plantas homogêneas em cada gleba é o primeiro passo para a obtenção de altas produtividades e da segurança da produção do feijoeiro comum. Os patógenos têm papel decisivo neste momento. A semeadura de sementes infectadas com patógenos da parte aérea como *Colletotrichum lindemuthianum* (antracnose) e *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* (crestamento bacteriano comum) pode gerar epidemias de difícil controle no início da cultura, e a necessidade de um maior número de pulverizações com aumento de custos.

Os riscos de baixo rendimento do feijoeiro comum por doenças, em sua maioria transmitidas por sementes, e por outros fatores, têm pressionado produtores e técnicos a aumentar o uso de sementes como tecnologia para controle preventivo de doenças, redução de custos e prática necessária para a obtenção de altas produtividades. Os riscos de epidemias são relacionados, em parte, com a escassez de sementes de qualidade no mercado em todas as

regiões produtoras, especialmente onde há concentração de plantios em área e/ou mais de uma safra anual. O risco de ocorrência de doenças em larga escala aumenta proporcionalmente à medida em que o plantio intensivo do feijoeiro comum é feito com grãos infectados e condições ambientais favoráveis ao desenvolvimento de vários patógenos.

A antracnose é uma das doenças mais importantes para o feijoeiro comum afetando, em todo o mundo, as cultivares suscetíveis estabelecidas em localidades com temperaturas moderadas a frias e alta umidade relativa. A doença apresenta ampla distribuição no Brasil e causa maiores danos nos principais estados produtores da cultura. Os danos ocasionados pela doença são tanto maiores quanto mais precoce for o seu aparecimento na lavoura e podem ser da ordem de 100%, quando são semeadas sementes infectadas sob condições de ambiente favorável à doença.

Mesmo em outros países, a antracnose e outras doenças foliares são limitantes à produção do feijoeiro quando são usadas sementes infectadas. A porcentagem de sementes infectadas é determinante da severidade da antracnose durante o desenvolvimento da cultura, pois o inóculo secundário produzido é proporcional à quantidade de inóculo inicial (PEREIRA et al., 2002). Por essas razões, o uso de sementes saudáveis e protegidas é sempre recomendado nos programas de manejo integrado de doenças ou de boas práticas para a condução de lavouras.

O tratamento de sementes é a última oportunidade para a obtenção de sementes “livres” de patógenos. Vantagens e metodologias utilizadas para obtenção e proteção de sementes de qualidade foram discutidas na literatura (MENTEN, 1991; COSTA; SILVA, 1999). Por diversas razões, as dificuldades para adoção dessas práticas de modo integral permanecem em evidência, o que colabora para a dependência de fungicidas e baixas produtividades, muito aquém do potencial produtivo da espécie.

Assim como outras doenças foliares, a antracnose é uma doença policíclica (o patógeno multiplica-se por várias vezes em um único ciclo da cultura). Portanto, iniciar uma lavoura com sementes infectadas com *C. lindemuthianum* acarreta na provável alta dependência de controle químico, no risco de se ter uma lavoura potencialmente já comprometida desde o seu início e que provavelmente irá gerar novas sementes infectadas.

O controle químico da antracnose, por meio do tratamento das sementes, somente será efetivo se destruir o inóculo alojado

internamente na mesma. Esse tipo de controle só se alcança com os fungicidas sistêmicos, que são absorvidos durante o processo de embebição das sementes no solo. Entretanto, quando o patógeno está alojado no endosperma, a erradicação de 100% do inóculo ainda é muito difícil pelos fungicidas atualmente disponíveis. Os resultados apresentados na Tabela 1 são um exemplo das taxas de controle alcançadas pelo tratamento de sementes e também podem variar conforme a cultivar e o isolado que está infectando as sementes.

Tabela 1. Número de plantas infectadas e porcentagem de germinação de sementes após tratamentos com fungicidas para o controle de *Colletotrichum lindemuthianum* inoculado em sementes de feijão cultivar Carioca.

Produto/formulação/dosagem (g ou mL/ 100 kg sementes)	Número de plantas com antracnose	Germinação (%)
Benomyl PM (50)	0,09 a	97,50 a
Quintozene PM (262,5)	3,50 b	99,00 a
Benomyl PM (50) + Quintozene PM (225)	0,00 a	99,33 a
Carboxin + Thiram PM (105+105)	0,00 a	96,84 a
Carboxin + Thiram SC (70+70)	0,09 a	98,67 a
Thiram PM (105)	4,08 b	97,17 a
Difeconazole SC (10)	5,25 b	97,87 a
Fludioxonil SC (10)	4,25 b	97,17 a
Tolyfluanid PM (100)	3,08 b	97,84 a
Pencycuron + Tolyfluanid PM (60+150)	4,00 b	97,17 a
Carbendazin SC (50)	0,00 a	99,00 a
Testemunha	13,67 c	88,67 b
C.V.(%)	26,35	6,36

Fonte: Rava e Sartorato (1996).

No caso de patógenos que possuem variabilidade, como *C. lindemuthianum*, é comum encontrar vários patótipos em uma mesma região ou estado, introduzidos por sementes. O transporte a longas distâncias de patótipos de *C. lindemuthianum* causa ainda problemas de difícil solução, como a quebra da resistência de cultivares, reduzindo a eficiência do controle genético, entre as opções importantes para o manejo integrado de doenças.

A utilização de cultivares que apresentem resistência aos principais patótipos do agente causal da antracnose é, sem dúvida, o método mais prático e econômico de controlá-la. O processo de melhoramento e lançamento de novas cultivares resistentes demora

vários anos e, a durabilidade da resistência de uma cultivar dependerá da aplicação de medidas complementares de controle que contribuam para diminuir a pressão de seleção no patógeno. A antracnose encontrava-se controlada no estado de São Paulo, entre 1980 e 1990, com o uso de sementes saudas (ITO et al., 2003). Com a introdução de sementes infectadas provenientes de outras regiões, danos consideráveis têm ocorrido anualmente e a doença persiste até o presente como fator limitante à produção em algumas regiões desse estado.

Cultivar anualmente o feijoeiro iniciando-se lavouras com a semeadura de grãos também é uma opção de alto risco para a introdução de novos patógenos com importância epidêmica, novas raças fisiológicas ou patótipos que dificultam ainda mais o manejo de doenças no campo, e que podem ser prevenidas com o uso de sementes saudas. A obtenção de sementes saudas, por sua vez, começa na sua produção, em condições que são claramente diferentes das utilizadas para a produção de grãos.

Nas semeaduras da estação chuvosa (safra “das águas”) prevalecem doenças da parte aérea transmitidas pelas sementes, que se disseminam rapidamente causando desfolha e grandes perdas na produção, como a antracnose e o crestamento bacteriano (ITO et al., 1997). As semeaduras “das águas” concentram a grande maioria das lavouras conduzidas por pequenos e médios produtores, onde doenças foliares podem exigir uma série de pulverizações, principalmente na presença de cultivares suscetíveis. Contudo, mesmo em regiões com histórico de antracnose, as pulverizações de fungicidas podem ser desnecessárias quando é feita a semeadura de sementes certificadas e saudas. Já no caso de grãos próprios infectados com *C. lindemuthianum*, várias pulverizações podem ser necessárias para controle da antracnose, como condicionante à obtenção de maiores produtividades, demonstrando que o uso de sementes certificadas e saudas permite a diminuição do número de pulverizações necessárias para o controle da antracnose. Mesmo com um custo maior para adquirir semente de melhor qualidade, a economia na aplicação de fungicida compensa o investimento feito com a compra de sementes.

A detecção de *X. axonopodis* pv. *phaseoli* é outro exemplo claro de dificuldades para detecção de patógenos em sementes, pois podem ocorrer epidemias do crestamento bacteriano a partir de uma semente infectada em uma amostra de 10.000. A inspeção de campos de produção também pode ser dificultada, pois os sintomas do

crestamento bacteriano em folhas podem ser expressos apenas acima de 5×10^6 UFC/20 cm² de área foliar (WELLER; SAETTLER, 1980a, 1980b). Abaixo dessa densidade é possível que a bactéria passe por todo o ciclo do feijoeiro sem ser notada e atinja as sementes por meio de populações epifíticas, em plantas assintomáticas que, sob condições favoráveis, podem causar epidemias praticamente incontroláveis. Como alternativa, vários métodos que empregam técnicas de biologia molecular podem sobrepor as dificuldades atuais, e no futuro poderão ser validados e incorporados à rotina de detecção de patógenos e ao controle de doenças transmissíveis por sementes.

Tratamento de Sementes

As opções de controle de doenças são obviamente reduzidas quando há queda de preços do feijão, e então são sentidas de forma muito pior as consequências da semeadura de sementes de baixa qualidade. Conforme apresentado na Tabela 2, investir em sementes de boa qualidade e no tratamento com fungicidas sintéticos funciona como um seguro para a lavoura, que aumenta muito as chances de produtividades mais altas e retorno econômico. As informações apresentadas a seguir mostram em semeaduras com duas cultivares, as diferenças entre a produção do feijoeiro comum causadas por podridões radiculares (*Fusarium solani* f. sp. *phaseoli* e *Rhizoctonia solani*), de acordo com a origem e tratamento químico de sementes, considerando o preço de R\$60,00 para a cultivar Pérola (grãos tipo “carioca”) e R\$75,00 para a cultivar Valente, de grãos pretos (Tabela 2).

Estudos também quantificaram as vantagens do uso de sementes de qualidade e por poucas gerações esse material pode ser multiplicado até perder suas características ideais de sanidade, germinação e vigor (LOLLATO, 1999). Quando se utilizam sementes básicas ou certificadas pode ocorrer aumento de 20% de produtividade em comparação com a semeadura de grãos, sendo todos submetidos ao tratamento com fungicidas antes da semeadura. Quando se suprime o tratamento de sementes, essa diferença pode chegar a 40%, com a redução no número de vagens por planta.

De modo geral, sementes de cultivares do grupo andino – manteigão – são as mais suscetíveis às podridões radiculares e perdem mais rapidamente o seu vigor do que as do grupo meso-americano. O tratamento de sementes não restaura o vigor das sementes, mas no caso de materiais mais suscetíveis e com vigor incerto, faz certamente a diferença na hora de se conduzir uma lavoura.

Tabela 2. Produtividade e rendimento econômico do feijoeiro comum 'Pérola' e 'Valente', em cultivo irrigado por pivô central, de acordo com a origem e o tratamento de sementes (TS). Unaí - MG, 2004.

Tratamento	Cultivar			
	Pérola		Valente	
	Grão	Semente	Grão	Semente
Sem TS*	2594 Aa	3119 Ba	2074 Ab	2447 Ab
Com TS	3562 Ab	3454 Aa	2778 Aa	3090 Aa
Diferença (kg/ha)				
Com TS – Sem TS	968	335	704	643
Diferença (R\$/ha)				
Com TS – Sem TS	1048,60	362,92	880,00	696,58

*TS = Tratamento de sementes com fludioxonil 200 mL / 100 kg sementes.

Letras minúsculas comparam os tratamentos fungicidas dentro de grão do produtor ou semente certificada.

Letras maiúsculas comparam grão do produtor e semente certificada dentro de cada tratamento fungicida.

Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5%.

Fonte: Lobo Junior (2005).

Para a situação prevalente, é sempre recomendável fazer o tratamento de sementes com fungicidas, que pode erradicar os fungos aderidos ao tegumento e controlar grande parte daqueles que podem infectar o endosperma ou embrião. A proteção de plantas nos seus estádios iniciais é outro benefício de grande valor promovido pelo tratamento de sementes, necessário também para garantir a formação de um estande com população de plantas uniforme. Portanto, há uma ótima relação entre custo/benefício nessa prática.

Como a proporção de sementes infectadas aumenta em um lote obtido sob condições favoráveis às doenças, a adoção de padrões de tolerância mais rígidos em relação à presença de patógenos importantes em sementes é justificada. A baixa proporção de patógenos no lote pode causar uma falsa impressão de boa qualidade de sementes. Porém, se considerarmos a presença de 0,5% de sementes infectadas por um patógeno policíclico como *C. lindemuthianum*, sob condições favoráveis há inóculo inicial para causar uma epidemia da doença. Neste caso, em um estande de 250.000 plantas por hectare, poderia haver já no início da lavoura uma proporção de mais de uma planta infectada por metro quadrado. Sabendo-se que as plantas doentes podem disseminar o patógeno da parte aérea para as plantas vizinhas, e que esse ciclo ocorre várias vezes durante o ciclo da cultura, toda a lavoura pode ser tomada pela doença causando prejuízos severos. Em um lote com 5% de sementes infectadas por *C. lindemuthianum*, a incidência da antracnose chegou a quase 100% de plantas doentes ao final do ciclo da cultura.

Mais recentemente, a exploração de várzeas tropicais no estado do Tocantins tem trazido novos rumos à produção de sementes de qualidade, sob custos acessíveis (SOARES et al., 2005). A atividade microbiana superior em quatro vezes à observada em solos de Cerrado, além da inundação das várzeas para cultivo do arroz dificultam o desenvolvimento de patógenos de solo. Além disso, a irrigação por subsuperfície (ou subirrigação) durante a semeadura na estação seca dispensa a aspersão, e a ausência de molhamento foliar por longos períodos inibe o desenvolvimento de patógenos da parte aérea.

Mesmo com a semeadura de sementes infectadas, nesse ambiente pode-se colher sementes saudáveis. A produção de sementes de feijão em várzeas tropicais é economicamente viável mesmo com a distância até as regiões tradicionais de cultivo de feijão. Esse sistema abre a perspectiva de produção em volume suficiente para o abastecimento de muitas regiões com sementes de alta qualidade fisiológica e sanitária.

Plantio Direto sobre Palhada de Braquiárias

A adoção em larga escala da semeadura direta é um dos exemplos mais notáveis de mudanças impactantes nos sistemas de cultivo do feijoeiro comum, por alterar o manejo da fertilidade do solo, o controle de plantas daninhas, a conservação de solo e água, além da própria semeadura, que substituiu o uso de arados e grades pela adubação e semeadura sem o revolvimento do solo. Todas essas alterações trouxeram vários benefícios ao feijoeiro comum e a outras culturas envolvidas nos sistemas de produção, divididos entre conservação ambiental, redução de custos e aumento de produtividade.

A semeadura direta mal executada pode causar problemas fitossanitários ao feijoeiro comum e outras culturas, principalmente quando for realizada com solo compactado e/ou não se obedecer a um esquema racional de rotação de culturas. É o que se observa, em inúmeros cultivos do feijoeiro comum, que pode ser atacado por um complexo de doenças causadas por patógenos que habitam o solo. Este complexo é formado por doenças como o mofo branco (*Sclerotinia sclerotiorum*), as podridões radiculares e a murcha causada por *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*.

Mesmo com várias inovações incorporadas a diferentes sistemas de produção nas últimas décadas, os danos causados por espécies como *Fusarium solani*, *Fusarium oxysporum*, *Rhizoctonia solani* e *Sclerotinia*

sclerotiorum persistem pela alta agressividade dos patógenos, ausência de resistência genética disponível e sobrevivência no solo em estruturas de resistência, mesmo sem a presença de suas hospedeiras. Como consequência, é comum ocorrer podridões e murchas de difícil controle, que podem causar até 100% de perdas na produção.

As monoculturas e as rotações curtas do feijoeiro comum com outras espécies anuais sob semeadura direta causam o acúmulo de isolados patogênicos de *F. solani* ou *F. oxysporum*. Esse aumento rápido da densidade de inóculo ocorre mesmo em rotações curtas com plantas não-hospedeiras, pois se sabe que espécies de *Fusarium* são excelentes colonizadoras da rizosfera e da palhada de espécies não suscetíveis, como o milho e o sorgo. As correlações entre incidência de murcha-de-fusário e a estimativa do número de propágulos de *Fusarium* spp. no solo aumentam com as semeaduras consecutivas de cultivares suscetíveis à murcha-de-fusário (TOLEDO-SOUZA, 2006).

Sabendo-se das facilidades dos patógenos em se estabelecer no solo e das limitações de várias práticas culturais que limitem ou previnam as doenças causadas pelos patógenos do solo, é essencial reconstruir o solo para o manejar de modo sustentável a longo prazo. Por isso, as práticas e os sistemas de manejo que favoreçam a recuperação da qualidade do solo têm sido cada vez mais valorizados. Práticas culturais que reduzam a densidade de inóculo de patógenos, recuperem a matéria orgânica, a microbiota benéfica e a estrutura do solo, com o aumento da diversidade da microbiota favorecem a recuperação da qualidade do solo e, conseqüentemente, diminuem os problemas e danos causados por fitopatógenos do solo (LOBO JUNIOR et al., 2004). Os mecanismos responsáveis por essas alterações ainda estão longe de serem perfeitamente compreendidos, mas as informações apresentadas a seguir podem ser consideradas como orientações para um melhor controle de doenças.

A desinfestação de solos tem sido obtida com eficiência em sistemas de Integração Lavoura-Pecuária, que geram melhorias na sua estrutura física, incrementos na ciclagem de nutrientes, entre outros fatores. Nesses sistemas, a supressão de patógenos tem sido creditada ao manejo de espécies de *Brachiaria*, em especial *B. brizantha* e *B. ruziziensis*, que junto ao aporte de matéria orgânica no solo e à formação de palhada, estimulam o desenvolvimento de fungos e bactérias que reduzem o inóculo de patógenos (COSTA; RAVA, 2003). Essa supressão de doenças pode ser vista como uma manifestação da estabilidade e saúde do ecossistema.

Bons resultados no controle de patógenos de solo têm sido alcançados com o Sistema Santa Fé, fundamentado na produção consorciada de culturas de grãos, especialmente o milho, com braquiárias. O consórcio é estabelecido simultaneamente à semeadura da cultura anual ou cerca de 10 a 20 dias após a emergência dessa. O manejo desse sistema minimiza a competição precoce da forrageira, evitando redução do rendimento das culturas anuais. Após a colheita dessas, obtém-se uma produção da forrageira abundante e de alta qualidade que pode abrigar parte representativa do rebanho bovino no período seco, ou palhada para a semeadura direta. Além de facilidades para se obter a massa seca necessária para a cobertura e proteção do solo, a palhada de braquiária tem degradação mais lenta do que a de outras culturas, podendo manter o solo totalmente coberto até à floração do feijoeiro comum, que é o período crítico para a ocorrência do mofo branco.

Em lavouras comerciais sob Integração Lavoura-Pecuária envolvendo braquiárias tem sido observada uma redução da severidade e dos danos causados pelo mofo branco, e uma menor dependência de fungicidas (OLIVEIRA et al., 2002; COSTA; RAVA, 2003). A palhada funciona como uma barreira física à formação de apotécios de *S. sclerotiorum*, que dependem de luz para completar seu desenvolvimento (ABAWI; GROGAN, 1979). Além disso, a palhada também serve como barreira aos ascósporos lançados dos apotécios, evitando que caiam sobre as flores em senescência e que, a partir dessas, possam infectar as plantas. Com a menor pressão de doença, produtores que dependiam de três ou quatro aplicações de fungicidas para controle do mofo branco reduziram a necessidade do controle químico para apenas uma pulverização.

Sob o solo, a degradação microbiana de escleródios é a principal razão para a redução da densidade de inóculo de *S. sclerotiorum*. Há muitos fungos e bactérias do solo que parasitam ou utilizam escleródios como fontes de carbono, colaborando para que a redução do inóculo seja viabilizada. Entre vários exemplos, para *S. sclerotiorum* foi observada uma diferença drástica entre o número de escleródios no solo após um ano de cultivo com braquiária e soja de, respectivamente, 2,62 e 49,2 escleródios m².

Conforme a distribuição de chuvas ou o manejo da irrigação, pode-se formar um microclima favorável à germinação de apotécios de *S. sclerotiorum* sob a braquiária (ou outra espécie que também favoreça à formação de um microclima favorável à germinação carpogênica), mantendo-se a umidade do solo alta por algumas semanas. Nessa

situação, 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.

A recuperação de áreas com braquiárias também pode levar a uma recuperação da estrutura física do solo, pois as raízes da forrageira rompem camadas compactadas e penetram em camadas mais profundas. As raízes do feijoeiro comum se aproveitam da melhor estrutura do solo e dos espaços deixados pelas raízes decompostas da braquiária para atingir camadas mais profundas do solo, facilitando tanto sua nutrição quanto ao escape de podridões radiculares. Conforme ocorre o acúmulo de inóculo dos patógenos junto à superfície do solo, as raízes têm menor chance de serem infectadas em camadas inferiores.

O aumento rápido do inóculo de *F. solani* e *R. solani* ao se retornar ao cultivo de grãos não quer dizer necessariamente que haverá dano às plantas, mas conforme outras conseqüências dos cultivos anuais vão se acumulando, como a compactação do solo, as condições conducivas à ocorrência de doenças retornam também. Com leguminosas (resíduos com relação C:N baixa), sob semeadura direta, as populações de *F. solani* aumentam a cada ano, ao contrário da sucessão com braquiárias solteiras ou em consórcio com milho, e também com o capim mombaça. Em situação intermediária manteve-se a sucessão feijão – estilosantes.

Junto aos patógenos, todas as espécies da comunidade microbiana do solo respondem de modo distinto a eventos, como adição de matéria orgânica, revolvimento, cobertura do solo com palhada, compactação e aplicação de insumos, que estressam ou estimulam os micro-organismos. De modo geral, os micro-organismos têm um papel importante como agentes causadores da fungistase, com sua ação mediada tanto pela limitação do carbono disponível ou pela produção de compostos antifúngicos. Entre diversas espécies de fungos e de bactérias envolvidas na supressividade a doenças, *F. oxysporum* é uma das espécies mais amplamente distribuídas em populações habitantes do solo, especialmente em rizosferas, ou mesmo como agente de controle biológico de patógenos como *S. sclerotiorum*.

Os isolados de *F. oxysporum* favorecidos pelo cultivo de braquiárias também podem ser antagonistas a *F. solani*. Outros gêneros estão também sendo investigados, e poderão indicar parte dos responsáveis pelo controle biológico natural que tem ocorrido sob Integração Lavoura-Pecuária, com o uso de braquiárias.

Manejo da Irrigação

A condução de lavouras de feijoeiro comum irrigadas por aspersão durante a estação seca foi intensificada a partir da década de 80, e hoje responde por 30% da produção de grãos tipo carioca no país.

Uma das vantagens do cultivo de feijão no período de maio a setembro é que os grãos são geralmente obtidos em condições de ambiente desfavoráveis à ocorrência de doenças foliares, visto que o período de molhamento foliar é reduzido nessa época, com a ausência de chuvas em períodos que podem durar 90 dias ou mais, com baixa umidade relativa. Por outro lado, as condições climáticas observadas no outono-inverno associadas ao uso intenso da irrigação proporcionam condições favoráveis ao desenvolvimento e à sobrevivência de patógenos habitantes do solo causadores de murchas e podridões. Esses patógenos têm sido introduzidos principalmente por meio de sementes infectadas ou contaminadas com estruturas de sobrevivência desses fungos (TU, 1988). A disseminação de patógenos endêmicos na região (*F. solani* e *R. solani*), favorecidos pela umidade fornecida pela irrigação, também foi aumentada nos últimos anos, como decorrência do cultivo de feijão irrigado.

Boa parte do sucesso no controle de patógenos de solo reside na restauração da comunidade microbiana e da estrutura do solo, debilitadas com a agricultura intensiva. Reconstruir o solo é possível, com práticas culturais, em sistemas de Integração Lavoura-Pecuária, e/ou com o aporte de matéria orgânica, em processos que podem durar, em geral, dois anos ou mais, e que precisam sempre ser manejados criteriosamente.

A compactação do solo no sistema de semeadura direta é considerada como a principal causa de baixos rendimentos de culturas devido à elevada resistência do solo que inibe o desenvolvimento de raízes (TORMENA et al., 1998; DIAS JÚNIOR, 2000). Como consequência, muitos produtores utilizam grades ou arados, alternando a semeadura convencional com a semeadura direta. A compactação do solo por si só é uma ameaça à continuidade do sistema semeadura direta, que aumenta a severidade de doenças causadas pelos patógenos habitantes do solo. Por serem aeróbicos, seu inóculo concentra-se principalmente nas camadas mais superficiais, e seus danos podem ser facilmente observados ao se abrir uma trincheira para avaliação de lesões e volume do sistema radicular das plantas. Além de limitar o desenvolvimento de raízes à camada do solo onde se encontra a maior densidade de inóculo dos patógenos, a compactação também favorece a ocorrência de podridões radiculares e murchas devido ao acúmulo de água na camada

mais superficial, facilitando ainda mais a ocorrência de doenças. O solo mais frio e mais úmido por períodos mais longos também é mais favorável às doenças em questão. Desta forma, práticas como subsolagem ou uso de plantas com capacidade de descompactação podem ser empregadas para corrigir esse fator e permitir um melhor desenvolvimento de plantas.

De modo geral, restaurar a qualidade do solo envolve promover alterações que estimulam a recuperação de populações de saprófitas e antagonistas, além de fornecer à planta um ambiente para que ela se desenvolva e escape das podridões e murchas vasculares. No solo, as dificuldades ao desenvolvimento de patógenos podem ser chamadas de "fungistase" do solo (LOCKWOOD, 1977). Em um solo fungistático, os micro-organismos aumentam a exsudação de nutrientes a partir de propágulos de fungos, levando à sua debilitação. A quantidade de exsudação a partir de propágulos de fungos é proporcional à população microbiana no solo e, portanto, promover ou recuperar a biomassa microbiana no solo é outro ponto a ser considerado, no controle de patógenos de solo.

Controle Biológico de Doenças

Outra opção de controle de patógenos de solo que tem conseguido cada vez mais adeptos é o controle biológico, que consiste na aplicação massal de micro-organismos que controlam os fitopatógenos e protegem as plantas. Essa forma de controle foi viabilizada, após décadas de pesquisa em vários países, com o desenvolvimento de formulações estáveis, que carregam uma grande quantidade de esporos viáveis, que possam ser competitivos para redução da densidade de inóculo e proteção dos sítios de infecção nas raízes.

Essa forma de controle de doenças tem se expandido rapidamente no Brasil, de forma relativamente empírica, com poucos estudos realizados em campo de forma sistematizada, o que acaba por dificultar sua aceitação por agricultores e profissionais da assistência técnica. Da mesma forma que fungicidas sintéticos, para cada cepa utilizada no biocontrole são necessários vários testes de eficiência agrônômica e de outros ajustes para seu uso adequado. Como os resultados são específicos, não podem ser extrapolados para outras cepas.

O tratamento de sementes com fungicidas sintéticos é uma medida recomendada para o controle integrado, de extrema importância por proteger sementes e plantas em seus estádios iniciais. Após a germinação, a proteção de plântulas ocorre somente por um período após o qual os

tecidos ainda estão muito suscetíveis e são atacados pelos patógenos. Após o fim do efeito residual do fungicida sintético, agentes de controle biológico como *Trichoderma harzianum* podem dar sequência à proteção de raízes, incrementando o controle de podridões radiculares, o que reflete na produção da cultura. Em um experimento conduzido em Luziânia (GO), na safra 2005/2006, sob condições de sequeiro, a produtividade da cultura em um tratamento com 1 kg de *T. harzianum* das cepas 1306 (ESALQ/USP) em formulação pó-molhável com 10^8 conídios g^{-1} , para cada 100 kg de sementes tratadas com 100 mL de Fludioxonil, produziu cerca de 400 kg a mais do que na testemunha (Fig.1), tratada somente com o fungicida. Foram observados melhor controle de *F. solani* e *R. solani* em raízes, aumento da massa de grãos e do número de vagens do feijoeiro (SOUZA et al., 2007). Além disso, as parcelas tratadas com o antagonista suportaram melhor o veranico de mais de duas semanas que ocorreu na região, pois essas plantas tinham um maior volume de raízes, que provavelmente permitiu uma absorção de água de modo mais adequado às necessidades da cultura.

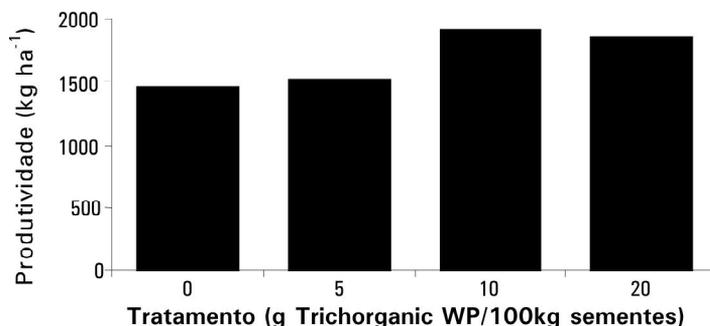


Fig.1. Produtividade do feijoeiro comum cv. Pérola de acordo com a dosagem de *Trichoderma harzianum* 1303/1306 em formulação pó-molhável com 10^8 conídios g^{-1} produto comercial, junto ao fungicida Fludioxonil a 100 g/100 kg sementes. Silvânia, GO, 2006.

O antagonista pode ser aplicado diretamente ao solo para a redução de inóculo inicial dos patógenos. O momento e a forma de aplicação variam de acordo com o alvo, ou seja, o patógeno a ser controlado. Para controle de podridões radiculares, antagonistas formulados podem ser aplicados em jato dirigido ao sulco de plantio, na semeadura. Testes realizados em Cristalina (GO) demonstraram que as dosagens de 800 mL e 1000 mL ha^{-1} da formulação com 2×10^{12} conídios de *T. harzianum* mL^{-1} foram as melhores para redução do inóculo de *F. solani* e *R. solani* junto às raízes. Em solo na linha de semeadura houve redução de até 67% do inóculo de *F. solani*, enquanto que para *R. solani* o decréscimo de foi de até 85%, conforme

avaliado 30 dias após a semeadura (LOBO JUNIOR et al., 2007). Nesse estudo também foi observado que as cepas de *T. harzianum* foram capazes de se multiplicar no solo da linha de semeadura, indicando, além da eficiência do biocontrole, a capacidade do antagonista se estabelecer e sobreviver pelo menos até os 30 dias após a semeadura, conforme é desejável que o controle biológico no sulco de semeadura complemente o controle químico feito no tratamento de sementes. Em termos de produtividade, a aplicação de *T. harzianum* proporcionou um aumento de até 300 kg ha⁻¹, em comparação à testemunha.

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. Não se deve esperar que o jato dirigido ou mesmo o tratamento de sementes sejam eficientes para controlar *S. sclerotiorum*, pois área de contato do antagonista com o solo seria muito pequena, e não ocorre a proliferação do antagonista formando um manto sobre o solo. Um elemento chave para um melhor parasitismo de escleródios é a aplicação do produto biológico sob condições ideais para o desenvolvimento rápido do antagonista.

É essencial aplicar o antagonista na dosagem recomendada, que contenha esporos viáveis. Para não comprometer a viabilidade dos esporos, a embalagem deve ser mantida sob condições adequadas, de preferência em geladeira. Após a data de vencimento, que deve constar nas embalagens, a viabilidade de esporos diminui para abaixo do necessário para controlar os patógenos. Solo úmido, sem a incidência de raios solares e temperaturas entre 20 e 25°C são as condições ideais para o desenvolvimento do antagonista. A eficiência de *Trichoderma* é questionável sob temperaturas mais baixas, e nenhuma sob solo seco.

A dosagem mais eficiente para controle de um patógeno não é necessariamente a mais alta. Acima da dosagem "ideal", a eficiência do controle biológico e a produtividade caem, e os custos de produção aumentam, pois o produtor está pagando pelo controle biológico. Para o mofo branco, recomenda-se a aplicação quando a cultura estiver com três a quatro trifólios. 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.

Além do tratamento de sementes, não há controle viável ou eficiente de podridões radiculares ou murchas vasculares com fungicidas sintéticos. O único caso em que o uso de fungicida pode ser viável é o controle do mofo

branco, quando utilizado sob critérios dentro de um esquema de manejo integrado da doença. Em especial, o controle químico produz melhores resultados quando há uma redução prévia da densidade de inóculo de *S. sclerotiorum*, seja por práticas culturais ou pelo controle biológico. Essa redução da população de escleródios é necessária para evitar um número excessivo de pulverizações, que elevam o custo de produção. Estima-se que o custo adicional com fungicidas em áreas altamente infestadas seja em torno 20% do custo de produção, que pode superar R\$3.000,00.

Mais recentemente, a disponibilização de cultivares de feijoeiro comum de porte ereto tem possibilitado o emprego do porte diferenciado como estratégia de escape a doenças causadas por patógenos de solo, mas com desenvolvimento de sintomas na parte aérea. Em cultivares como Horizonte, BRS Estilo, 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 reboleiras dessas doenças podem ser formadas e disseminá-las rapidamente dentro da lavoura (COSTA, 2007).

Conclusões

Boa parte do sucesso do controle de patógenos habitantes do solo reside na restauração da estrutura física do solo e de micro-organismos benéficos que controlam fitopatógenos. Por viabilizar a semeadura em áreas infestadas, o manejo de braquiárias facilita o planejamento da propriedade agrícola em médio e longo prazo. Junto com outras medidas para o manejo de diferentes patossistemas, tem seus benefícios resumidos em maior segurança e controle da produção sustentável do feijoeiro comum.

O uso de cultivares resistentes e de sementes de qualidade tratadas funciona como um seguro contra vários problemas de importância na lavoura, por facilitar os aumentos na produtividade e por reduzir os custos de produção. A semente não mente, apenas expressa a qualidade que tem. O Brasil tem uma área cultivada com feijão superior a 4.000.000 hectares e, em qualquer safra, para qualquer produtor, as vantagens da boa semente estão claras. Instalar as semeaduras com sementes saudáveis, com alto vigor e tratadas é parte essencial da prevenção ou redução dos problemas na lavoura.

A estratégia de integração de métodos tem sido uma forma eficiente para o controle de doenças causadas por patógenos de solo pelo sinergismo que há ao se associar duas ou mais estratégias, com incrementos no controle de doenças. As conseqüências das perdas de produtividade afetam, além dos produtores, os participantes do

agronegócio, os consumidores e o meio ambiente. A pressão por soluções para controle de patógenos de solo e a provável inserção, no futuro, das culturas em sistemas de produção integrada, reforçam a necessidade de inovações que permitam a sua sustentabilidade.

Referências

ABAWI, G. S.; GROGAN, R. G. Epidemiology of diseases caused by *Sclerotinia* species. **Phytopathology**, St. Paul, v. 69, n. 8, p. 899-904, Aug. 1979.

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.

COSTA, J. L. da S.; SILVA, M. B. da. Tratamento de sementes. In: CANTERI, M. G.; DALLA PRIA, M.; SILVA, O. C. da. (Ed.). **Principais doenças fúngicas do feijoeiro: orientações para manejo econômico e ecológico**. Ponta Grossa: UEPG, 1999. p. 111-125.

DIAS JÚNIOR, M. S. Compactação do solo. In: NOVAIS, R. F. de; ALVAREZ V., V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R. (Ed.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. v. 1, p. 55-94.

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

ITO, M. F.; MENTEN, J. O. M.; CASTRO, J. L. de; MORAES, M. H. D. de. Importância do uso de sementes sadias de feijão e ou tratadas quimicamente. In: DIA DE CAMPO DE FEIJÃO, 19., 2003, Capão Bonito. **Anais...** Campinas: IAC, 2003. p. 37-49. (IAC Documentos, 71).

ITO, M. F.; VALARINI, P. J.; PATRÍCIO, F. R. A.; SUGIMORI, M. H. Detecção de *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli* e fungos em sementes de feijão produzidas no Estado de São Paulo. **Summa Phytopathologica**, Jaboticabal, v. 23, n. 2, p. 118-121, abr./jun. 1997.

LOBO JUNIOR, M. Efeito da qualidade e tratamento de sementes na severidade de podridões radiculares em feijoeiro. In: COBUCCI, T.; WRUCK, F. J. (Ed.). **Resultados obtidos na área polo de feijão no período de 2002 a 2004**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. p. 18-22. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 174).

LOBO JUNIOR, M.; SOUZA, J. N. G. de; SANTOS, A. B. dos. **Processos biológicos e densidade de microrganismos em solos de várzea tropical cultivados para implantação do sistema plantio direto**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2004. 6 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 89).

LOBO JUNIOR, M.; PIMENTA, G.; GONTIJO, G. H. A. Controle de *Fusarium solani* e *Rhizoctonia solani* em lavoura de feijoeiro comum com a aplicação de *Trichoderma harzianum* em jato dirigido. In: REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE CONTROLE BIOLÓGICO DE DOENÇAS DE PLANTAS, 9., 2007, Campinas. **Biocontrole de doenças de plantas no Brasil: uso atual e perspectivas**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2007. Resumo 059.

LOCKWOOD, J. L. Fungistasis in soils. **Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society**, Cambridge, v. 52, n. 1, p. 1-43, 1977.

LOLLATO, M. A. Efeitos do número de gerações sobre a produção e qualidade de sementes de feijão. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 6., 1999, Salvador. **Resumos expandidos...** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. p. 561-563. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 99).

MENTEN, J. O. M. Importância do tratamento de sementes. In: MENTEN, J. O. M. (Ed.). **Patógenos em semente: detecção, danos e controle químico**. Piracicaba: ESALQ: FEALQ, 1991. p. 203-224.

OLIVEIRA, R. M.; OLIVEIRA, I. P. de; FARIA, C. D. de; KLIEMANN, H. J. Propágulos de *Sclerotinia sclerotiorum* no solo e incidência do mofo branco na parte aérea do feijoeiro cultivado em plantio direto sobre várias coberturas mortas. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 7., 2002, Viçosa, MG. **Resumos expandidos...** Viçosa, MG: UFV, 2002. p. 180-183.

PEREIRA, J. M.; PINTO, C. M. F.; DHINGRA, O. D.; FARIA, R. F. Influência de sementes infectadas por *Colletotrichum lindemuthianum* na incidência da antracnose e na produtividade do feijoeiro. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 7., 2002, Viçosa, MG. **Resumos expandidos...** Viçosa, MG: UFV, 2002. p. 153-155.

RAVA, C. A.; SARTORATO, A. Eficiência de fungicidas no controle de *Colletotrichum lindemuthianum* inoculado em sementes de feijão. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 5., 1996, Goiânia. **Anais...** Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1996. v. 1, p. 210-212. (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 69).

SOARES, D. M.; THUNG, M.; AIDAR, H.; KLUTHCOUSKI, J. Produção de sementes de feijão em várzea tropical: opção economicamente viável. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 8., 2005, Goiânia. **Anais...** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. v. 2, p. 896-900. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 182).

SOUZA, R. C. P.; PIMENTA, G.; GONTIJO, G. H. A.; LOBO JUNIOR, M. Efeito do tratamento de sementes com *Trichoderma harzianum* '1306' e fludioxonil sobre a produtividade do feijoeiro comum. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 32, p. S 259, ago. 2007. Suplemento. ref. 0750. Edição dos Resumos do XL Congresso Brasileiro de Fitopatologia, Maringá, PR, ago. 2007.

TOLEDO-SOUZA, E. D. **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.

TORMENA, C. A.; ROLOFF, G.; SÁ, J. C. M. Propriedades físicas dos solos sob plantio direto influenciadas por calagem, preparo inicial e tráfego. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 22, n. 2, p. 301-309, abr./jun. 1998.

TU, J. C. The role of white mold-infected white bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seeds in the dissemination of *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary. **Journal of Phytopathology**, Berlin, v. 121, n. 1, p. 40-50, Jan. 1988.

WELLER, D. M.; SAETTLER, A. W. Evaluation of seedborne *Xanthomonas phaseoli* and *X. phaseoli* var. *fuscans* as primary inocula in bean blights. **Phytopathology**, St. Paul, v. 70, n. 2, p. 148-152, Feb. 1980a.

WELLER, D. M.; SAETTLER, A. W. Colonization and distribution of *Xanthomonas phaseoli* and *Xanthomonas phaseoli* var. *fuscans* in field-grown navy beans. **Phytopathology**, St. Paul, v. 70, n. 6, p. 500-506, June 1980b.