

MARISTELLA DALLA PRIA
OLAVO CORRÊA DA SILVA
organizadores

CULTURA DO FEIJÃO:

doenças e controle



Editora
UEPG

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA

REITOR

Carlos Luciano Sant’Ana Vargas

EDITORA UEPG

Lucia Cortes da Costa

PRÓ-REITOR DE EXTENSÃO
E ASSUNTOS CULTURAIS

Gisele Alves de Sá Quimelli

CONSELHO EDITORIAL

Lúcia Cortes da Costa (Presidente)

David de Souza Jaccoud Filho

Fábio André dos Santos

Gisele Alves de Sá Quimelli

José Augusto Leandro

Osvaldo Mitsuyuki Cintho

Silvio Luiz Rutz da Silva

MARISTELLA DALLA PRIA
OLAVO CORRÊA DA SILVA
organizadores

CULTURA DO FEIJÃO:

doenças e controle

Editora
UEPG

Copyright © by Maristella Dalla Pria e Olavo Corrêa da Silva & Editora UEPG

Nenhuma parte deste livro, sem autorização prévia por escrito da Editora, poderá ser reproduzida ou transmitida, sejam quais forem os meios empregados: eletrônicos, mecânicos, fotográficos, gravação ou quaisquer outros.

Equipe editorial

Coordenação editorial Beatriz Gomes Nadal

Supervisão editorial Márcia Smaniotto

Preparação de originais e ficha catalográfica Cristina Maria Botelho

Revisão Fabiano Morais

Supervisão de provas Eduarda da Matta

Projeto gráfico e diagramação Cássia S. Malucelli Kury

Capa Cássia S. Malucelli Kury

Crédito de capa Autores

635.652 Cultura do feijão: doenças e controle / organizado por
E82e Maristella Dalla Pria e Olavo Corrêa da Silva. Ponta
Grossa: Editora UEPG, 2018.

11,4 mb.; e-book.

DOI: 10.5212/7798-229-5

ISBN: 978-85-7798-229-5

1-Feijão – doenças e pragas - controle. I. Dalla Pria,
Maristella, org. II.Silva, Olavo Corrêa da, org. I.T.

Depósito legal na Biblioteca Nacional

Editora filiada à **ABEU**

Associação Brasileira das Editoras Universitárias

Editora UEPG

Av. Carlos Cavalcanti, 4748

84030-900 – Ponta Grossa – Paraná

Fone/Fax: (42) 3220-3744

e-mail: editora@uepg.br

2018

Autores

Aloísio Sartorato – Embrapa /CNPAP, Santo Antônio de Goiás, GO

Anésio Bianchini – IAPAR, Londrina, PR

Antonio Carlos Maringoni – UNESP, Botucatu, SP

Antonio Luiz Fancelli – ESALQ/USP, Piracicaba, SP

Caroline Gulart – UFMS, Chapadão do Sul, MS

Cláudia Adriana Görgen – Universidade de Goiás, Goiânia, GO

David de Souza Jaccoud Filho – UEPG, Ponta Grossa, PR

Eduardo R. A. Bernardo – Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

Eliana Cuéllar Fernandes – Fundação ABC, Castro, PR

Eliane Divina de T. Souza – Univ. Federal de Goiás, Goiânia, GO

Erlei Melo Reis – UFP, Passo Fundo, RS

Fabício Bona Passini – Pioneer Sementes, Passo Fundo, RS

Gesimária Ribeiro Costa – Centro Universitário de Goiás Uni-Anhan-
guera, Goiânia, GO

Gustavo de Faria Theodoro – UFMS, Chapadão do Sul, MS

Jeferson Zagonel – UEPG, Ponta Grossa, PR

João Pereira Torres – Faculdades Luiz Meneghel, Bandeirantes, PR

José Eustáquio de Souza Carneiro – UFV, Viçosa, MG

Leandro M. Gimenez – Fundação ABC, Castro, PR

Lilian Amorim – ESALQ/USP, Piracicaba, SP

Marcelo Augusto Boechat Morandi – Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

Marcelo Giovanetti Canteri – UEL, Londrina, PR

Maristella Dalla Pria – UEPG, Ponta Grossa, PR

Marta Maria Casa Blum – URI, Erechim, RS

Murillo Lobo Júnior – Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO

Olavo Corrêa da Silva – Fundação ABC, Castro, PR

Pedro Marques da Silveira – Embrapa/CNPAP, Santo Antônio de Goiás, GO

Reginaldo Lamberti Napoleão – Faculdades Federais Integradas de Diamantina, Diamantina, MG

Ricardo Balardin – UFMS, Chapadão do Sul, MS

Ricardo Trezzi Casa – Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, SC

Rodrigo Yoiti Tsukahara – Fundação ABC, Castro, PR

Rogério Faria Vieira – Embrapa/EPAMIG-CTZM, Viçosa, MG

Tarcísio Cobucci – Embrapa /CNPAP, Santo Antônio de Goiás, GO

Trazilbo José de Paula Júnior – EPAMIG/CTZM, Viçosa, MG

Wagner Bettiol – Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

Apresentação

Este livro apresenta, de maneira prática, objetiva e com base teórica, o manejo integrado das principais doenças que causam prejuízos nas lavouras de feijão. Descrevendo-as em sua cultura, com ilustrações, são indicadas medidas de controle fundamentadas em pesquisa e experimentação realizadas em diversas regiões produtoras de feijão.

A obra está organizada em quatro partes. Na primeira e segunda, apresenta-se uma abordagem de sintomas e diagnose das doenças causadas por fungos, bactérias e vírus. A terceira parte discute as condições que favorecem a ocorrência das doenças e a interação patógeno-hospedeiro-ambiente. A quarta e última é voltada para as principais e mais modernas estratégias de controle das doenças adotadas atualmente com sucesso.

Esta publicação apresenta os resultados dos trabalhos de muitos pesquisadores de destaque de várias instituições de ensino e pesquisa do país, dentre as quais, EMBRAPA, ESALQ/USP, UNESP, UEPG, UEL, UFMT, EPAMIG, IAPAR e UFV. O livro é direcionado a quem quer conhecer ou já está envolvido com a produção tecnificada da cultura do feijão e também àqueles que, embora já conheçam as principais medidas de controle de suas doenças, tenham a pretensão de aumentar o retorno econômico por meio de conhecimentos mais aprofundados sobre seu manejo integrado.

Maristella Dalla Pria

Prefácio

O feijão é cultivado em diversificados sistemas de produção e em todas as regiões brasileiras tanto por pequenos como por grandes produtores. O grão é um componente importante em dietas de combate à fome e à desnutrição e está presente na cultura de nosso país. Neste contexto, a diversidade de sistemas agrícolas compõe uma rica e desafiadora realidade para extensionistas e pesquisadores que trabalhem com a cultura do feijão. Por ser cultivado durante todo o ano, muitos fatores podem limitar sua produção, principalmente os aspectos fitossanitários, com maior ênfase às doenças.

O crescimento do agronegócio e a demanda por tecnologia têm impulsionado profissionais a se unirem em esforços contínuos para desenvolver e propor alternativas para o manejo das doenças da cultura do feijão. Fitopatologistas e demais profissionais de áreas correlatas juntaram esforços para deixar nesta obra uma rica fonte de informação, resultado do trabalho de muitos anos em suas instituições de ensino, extensão e/ou pesquisa.

Esta literatura está subdividida em quatro partes e 25 capítulos que contemplam as principais doenças da cultura, causadas por bactérias, vírus e fungos. Os demais temas abordados pelos autores incluem a relação patógeno-hospedeiro com ambiente e estratégias de manejo para controle das doenças, considerando técnicas culturais e controles químico, biológico e genético. Esta obra apresenta-se como uma excelente

alternativa de leitura para professores, acadêmicos de graduação e pós-graduação, pesquisadores, profissionais e produtores.

Dra Louise Larissa May De Mio
Universidade Federal do Paraná

Sumário

PARTE I – DOENÇAS CAUSADAS POR BACTÉRIAS E VÍRUS	13
1. Crestamento Bacteriano Comum	15
2. Murcha-de-Curtobacterium	23
3. Doenças causadas por Vírus	31
PARTE II – DOENÇAS CAUSADAS POR FUNGOS: DIAGNOSE E EPIDEMIOLOGIA	47
1. Antracnose	49
2. Mancha-Angular	57
3. Ferrugem	67
4. Ferrugem Asiática da Soja na Cultura do Feijão	75
5. Mela	89
6. Mofo-Branco	101
7. Podridões-Radiculares e Murcha-de-Fusarium	107
PARTE III – INTERAÇÃO PATÓGENO-HOSPEDEIRO-AMBIENTE	117
1. Métodos de Avaliação de Doenças	119
2. Ambiente e Doenças Fúngicas	133
3. Micronutrientes e sua influência na ocorrência de Pragas e Doenças	149

PARTE IV – ESTRATÉGIAS DE MANEJO	169
1. Interação Patógeno-Hospedeiro e Variabilidade de <i>Colletotrichum Lindemuthianum</i>	171
2. Efeitos da Irrigação sobre as Doenças	195
3. Qualidade e Proteção de Sementes	213
4. Resistência Varietal	241
5. Manejo de Braquiárias no Controle de Patógenos de Solo	247
6. Controle da Mela	267
7. Manejo do Mofo-Branco	279
8. Manejo de Podridões-Radiculares e Murcha-de-Fusarim	301
9. Controle Biológico	321
10. Programas de Uso de Fungicidas	381
11. Controle Químico – Nova Abordagem quanto ao Momento para o Controle da Antracnose e da Mancha-Angular	411
12. Tecnologia de Aplicação	427
 LISTA DE FOTOS	 439
 INFORMAÇÕES SOBRE OS AUTORES	 449

PARTE I

DOENÇAS CAUSADAS POR BACTÉRIAS E VÍRUS

Todos os homens nascem livres e iguais em dignidade e direitos. São dotados de razão e consciência e devem agir em relação uns aos outros com espírito de fraternidade.

Declaração Universal dos Direitos Humanos - Artigo 1

Crestamento Bacteriano Comum

João Pereira Torres

Antonio Carlos Maringoni

1 INTRODUÇÃO

O crestamento bacteriano comum da cultura do feijão (CBCF), causado pela bactéria *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* (Smith 1897) Vauterin, Hoste, Kerster & Swings 1995, tem sido um dos destaques na cultura do feijão, tanto em termos de ocorrência quanto em importância econômica, no Brasil. Relacionada como uma das principais doenças bacterianas da cultura do feijão, é de ocorrência generalizada, principalmente nas regiões quentes e úmidas do globo, podendo ocorrer sob temperaturas entre 16 e 28°C, predominando a 28°C.

No Brasil, o CBCF engrossa o conjunto das principais doenças responsáveis pelo baixo rendimento da cultura do feijão, sendo constatado em praticamente todas as regiões produtoras, porém com maior importância no norte do estado do Paraná, nos estados do Rio de Janeiro, Minas Gerais e São Paulo e na região do Brasil Central, sobretudo na safra “das águas”.

Em levantamento realizado no Paraná, constatou-se a ocorrência do CBCF em praticamente todas as regiões do estado, situação decorrente

da suscetibilidade das cultivares e do uso de sementes infectadas, aliados às condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento da doença.

Os níveis de danos na produtividade registrados na cultura têm sido significativos e variáveis conforme as condições avaliadas: 32,4% para genótipos suscetíveis no Canadá, 22% e 45%, respectivamente, para infecções naturais e artificiais, na Colômbia.

2 SINTOMATOLOGIA

Os sintomas são bastante abrangentes, podendo desenvolver-se em praticamente toda parte aérea da planta, afetando folhas, caules, vagens e sementes. As lesões foliares se apresentam, inicialmente, como pequenas áreas encharcadas que evoluem rapidamente para manchas necróticas com tecido seco e quebradiço, circundado por um halo amarelo na borda e/ou lesões circulares a irregulares nos folíolos (Foto 2). No caule, as lesões mostram-se como manchas aquosas e vão, progressivamente, tomando a aparência de riscos avermelhados longitudinais, com rachaduras e exposição de exsudato bacteriano. Também nas vagens (Foto 3), os sintomas iniciam como manchas aquosas que vão aumentando de tamanho, podendo apresentar, com certa frequência, incrustações amareladas como consequência do exsudato bacteriano dessecado. Nas sementes, é possível observar descoloração do hilo, manchas amareladas no tegumento, má-formação e enrugamento (Foto 4) e até o seu apodrecimento. A partir das sementes infectadas, as lesões se desenvolvem circundando o nó cotiledonar, podendo provocar tombamento em plantas já adultas por enfraquecimento do caule, que não suporta o peso das vagens. Pode haver, ainda, situações de murcha em função da invasão do sistema vascular.

3 ETIOLOGIA E EPIDEMIOLOGIA

Xanthomonas axonopodis pv. *phaseoli* é uma bactéria de formato bastonete, Gram-negativa, que produz colônias amarelas, circulares, convexas

e de bordo liso em meio de cultura YDC (extrato de levedura-dextrose-carbonato de cálcio); aeróbica restrita, não reduz nitrato a nitrito, não utiliza asparagina como única fonte de carbono e de nitrogênio e hidrolisa amido, gelatina e caseína, entre outras características bioquímicas típicas. Alguns isolados de *X. axonopodis* pv. *phaseoli* podem produzir pigmento marrom difusível quando cultivados em meio de cultura que contém tirosina.

Isolados de *X. axonopodis* pv. *phaseoli* possuem alta variabilidade quanto às características patogênicas, sorológicas, perfiz eletroforéticos de proteínas totais e moleculares.

A doença é favorecida por condições de alta temperatura e alta umidade relativa. Sob condições de temperatura e fotoperíodo controlados, ocorrem maior severidade e rapidez no desenvolvimento da doença a 29°C, comparativamente a 24°C.

Com relação à disseminação, 0,5% de sementes infectadas por *X. axonopodis* pv. *phaseoli* foram suficientes para iniciar epidemia da doença em campo, sob condições de Ontário, Canadá. Sob condições brasileiras, independentemente da população de *X. axonopodis* pv. *phaeoli* nas sementes, fatores relacionados à resistência genética de cultivares de feijão e condições climáticas são mais expressivos no desenvolvimento de epidemias. Metade das amostras dos lotes de sementes analisadas, procedentes do estado do Paraná, obtidas nos anos de 1998 e 1999, estava com *X. axonopodis* pv. *phaseoli*.

A água possui papel importante na penetração desta bactéria, via aberturas naturais, e também na sua disseminação. Da população epífita de *X. axonopodis* pv. *phaseoli* presente na superfície foliar, 10% foi removida e disseminada a uma distância de até 1,40m da fonte de inóculo, por de gotas de água de chuva.

Xanthomonas axonopodis pv. *phaseoli* pode sobreviver por períodos relativamente longos em sementes, variando de 2 a 15 anos, em restos

de cultura infectados na superfície ou incorporada ao solo. Trabalhos desenvolvidos sob condições de campo, no estado do Paraná, evidenciaram a sobrevivência desta bactéria por um período variável de 45 a mais que 180 dias, quando folhas doentes permaneceram na superfície do solo, e durante 30 a 90 dias, para as folhas enterradas a uma profundidade de 15 cm. Geralmente, em condições chuvosas e de altas temperaturas o período de sobrevivência foi menor se comparado àqueles em que predominaram condições secas e temperaturas amenas. Entre as ervas daninhas, podem ser citadas *Amaranthus* spp., *Chenopodium album*, *Physalis* sp., *Portulaca oleraceae*, *Sida rhombifolia* entre outras, pois *X. axonopodis* pv. *phaseoli* pode sobreviver preferencialmente na forma epífita.

4 MEDIDAS DE CONTROLE

Os resultados mais efetivos de controle podem ser obtidos com uma combinação de medidas tais como o uso de sementes livres do patógeno, emprego de cultivares resistentes indicados pela pesquisa e rotação de culturas.

Com relação à qualidade de sementes, deve-se utilizar sementes de boa qualidade sanitária, produzidas por instituições idôneas, cujos lotes deveriam ser submetidos à análise sanitária, medida essa não adotada rotineiramente no país, uma vez que grande parte do material utilizado para a semeadura consiste em grão e não semente. A eliminação de ervas daninhas hospedeiras, a rotação de cultura e/ou a incorporação de restos culturais infectados ao solo são importantes para a diminuição do inóculo primário no campo.

Com relação à resistência de feijão ao CBCF, alguns trabalhos têm evidenciado a existência de alguns genótipos que apresentam bons níveis de resistência, entretanto, essa reação pode variar em função da virulência do isolado *X. axonopodis* pv. *phaseoli*. Podem ser citados os genótipos: Vermelho Manteiga Estriado e FC 2060, Diamante Negro, Xan-161, A-417

e A-420, IAPAR-14 e IAPAR-16, entre outros. Trabalhos relatam bons níveis de resistência ao CBCB e à antracnose em linhagens avançadas de feijão com características agronômicas desejáveis.

A pulverização de produtos químicos tem apresentado resultados não muitos satisfatórios e às vezes contraditórios para controle do CBCF. Em condições experimentais, realizando-se três pulverizações e empregando-se separadamente fungicidas cúpricos ou mistura de cúprico-carbamato ou antibiótico, constatou-se baixa eficiência no controle do CBCF em folhas e vagens e nenhuma influência na transmissão da bactéria para as sementes. Outros trabalhos também verificaram baixa eficiência no controle do CBCF quando empregados diversos produtos químicos em pulverização.

5 REFERÊNCIAS

- ARNAUD-SANTANA, E. et al. Effect of photoperiod and temperature on common blight disease of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Euphytica**, v. 66, p. 211-6, 1993.
- BRADBURY, F. B. **Guide to plant pathogenic bacteria**. Ferry Lane: CAB International Mycological Institute, 1986.
- BURKHOLDER, W. H. The bacterial blight of bean: a systemic disease. **Phytopathology**, St. Paul, v. 11, p. 61-9, 1921.
- COSTA, J. G. C.; RAVA, C. A. Linhagens de feijoeiro comum com fenótipos agronômicos favoráveis e resistentes ao crestamento bacteriano comum e antracnose. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 5, p. 1176-1182, 2003.
- GOSS, R. W. The relation of temperature to common blight of beans. **Phytopathology**, St. Paul, v. 30, p. 258-64, 1940.
- MARINGONI, A. C. Controle químico do crestamento bacteriano comum do feijoeiro e seu efeito na transmissão de *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli* (Smith) Dye pelas sementes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 25, p. 1151-6, 1990.

_____. **Deteção de *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli* (Smith) Dye em sementes de feijoeiro e consequências epidemiológicas.** Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1993.

_____. Virulência de isolados de *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli* (Smith) Dye em feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 6, p. 861-868, 1998.

_____. et al. Reação foliar e da vagem de feijoeiro a *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli* e transmissão da bactéria pelas sementes. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 18, p. 412-5, 1993.

_____. BACH, E. E. Caracterização de isolados de *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* através da análise eletroforética de proteínas totais. **Summa Phytopathologica**, Jaboticabal, v. 25, n. 2, p. 173-177, 1999.

_____. IZIOKA, E. E. K. Caracterização de isolados de *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* através de RADP. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 24, p. 246, 1999. Suplemento.

_____. KIMATI, H.; KUROZAWA, C. Presença da *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli* em sementes de feijoeiro e consequências epidemiológicas. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 20, p. 449-457, 1995.

_____. KIMATI, H.; KUROZAWA, C. Variabilidade sorológica entre isolados de *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli*. **Summa Phytopathologica**, Jaboticabal, v. 22, n. 2, p. 277-288, 1994.

_____. KOMORI, N. Levantamento das bacterioses do feijoeiro no estado do Paraná. **Fitopatologia Brasileira**, v. 14, p. 241-4, 1989.

_____. LAURETI, R. L. B. Reação de genótipos de feijoeiro comum a *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*, *Macrophomina phaseolina* e *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 4, p. 535-542, 1999.

OLIVEIRA, S. H. F.; VALARINI, P. J.; RECCO, C. A. V. Controle químico do crestamento bacteriano comum do feijoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 18, p. 295, 1993. Suplemento.

PATEL, P. N.; WALKER, J. C. Relation of air temperature and nutrition of the host to the development of halo and common bacterial blights of bean. **Phytopathology**, St. Paul, v. 53, p. 407-411, 1963.

RAVA, C. A. Crestamento bacterino comum. In: ZIMMERMANN, M. J. O.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (Ed.). **Cultura do feijoeiro**: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1988.

SAETTLER, A. W. Common bacterial blight. In: HALL, R. (Ed.). **Compendium of bean disease**. St. Paul: APS Press, 1991.

SCHUSTER, M. L.; SAYRE, R. M. A coryneform bacterium induces purple-colored seed and leaf hypertrophy of *Phaseolus vulgaris* and other leguminosae. **Phytopathology**, St. Paul, v. 57, p. 1064-1066, 1967.

SCHWARTZ, F. H.; GALVEZ, G. E. **Problemas de producción del fríjol**. Cali: CIAT, 1980.

THEODORO, G. F. Reação de cultivares locais de feijão a *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*, em condições de campo. **Revista Brasileira de Agrociência**, Florianópolis, v. 10, n. 3, p. 373-375, 2004.

TORRES, J. P. *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* em feijoeiro: sobrevivência em restos de cultura e ocorrência em sementes produzidas no estado do Paraná. Tese (Doutorado em Agronomia/Proteção de Plantas) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2003.

_____, MARINGONI, A. C. Reação foliar de genótipos de feijoeiro a *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli* e transmissão via sementes. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 4, p. 546-549, 1997.

TRUJILLO-PINTO, G. E.; VERDE, O. Tendencia de las poblaciones de *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli* (Xcpvph) en la variedad de caraota (*Phaseolus vulgaris* L.) Tacarigua en relacion con las condiciones ambientales. **Revista de la Facultad de Agronomia**, Maracay, v. 14, p. 19-44, 1986.

WALLEN, V. R.; GALWAY, D. A. Effective management of bacterial blight of field in Ontario – a 10-yr program. In: CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA

TROPICAL. **Resumens analiticos sobre fríjol** (*P. vulgaris* L.). Cali, 1980. v. 5, p. 119.

WALLEN, V. R.; SUTTON, M. D. *Xanthomonas phaseoli* var. *fuscans* (Burkh.) Starr & Burkh on fiel bean in Ontario. **Canadian Journal of Botany**, Ontario, v. 43, p. 437-446, 1965.

YOSHII, K. Los añublos común y fusco. In: CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. **Resumens analiticos sobre fríjol** (*P. vulgaris* L.). Cali, 1980. v. 5, p. 120.

-----; GALVEZ, G. E.; ÁLVAREZ, G. Estimation of yeld losses in bean caused by commom blight. **Proccedings of American Phytopathological Socciety**, Washington, v. 3, p. 289, 1976.

YOUNG, J. M. et al. **Names of plant pathogenic bacteria, 1864-2004**. Disponível em: < http://www.isppweb.org/names_bacterial_revised.asp >. Acesso em: 21 set. 2006.

Murcha-de-Curtobacterium

Gustavo de Faria Theodoro

Antonio Carlos Maringoni

1 INTRODUÇÃO

Entre as doenças de etiologia bacteriana, a murcha-de-curtobacterium, causada por *Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens* (Hedges) Collins & Jones, tem sido alvo de preocupação no cultivo do feijão no Brasil. Foi primeiramente constatada em Dakota do Sul, EUA, em 1920, causando morte em cerca de 90% das plantas em uma lavoura de feijão. No território brasileiro, foi inicialmente relatada em lavouras de feijão no estado de São Paulo e, atualmente, pode ser encontrada no Paraná, Santa Catarina, Goiás e Distrito Federal.

Em recente levantamento, a presença da murcha-de-curtobacterium foi confirmada nos municípios catarinenses de Campos Novos, Faxinal dos Guedes, Guatambu, Ipuacu, Ponte Serrada e Tigrinhos, no estado de Santa Catarina.

Um dos sérios problemas que esta doença causa é a morte prematura de plantas, principalmente no estágio de florescimento e enchimento de grãos.

2 SINTOMATOLOGIA

Os sintomas da murcha-de-curtobacterium da cultura do feijão geralmente aparecem em manchas ou “reboleiras” no campo, embora plantas doentes possam ser encontradas isoladas na lavoura. Observações de campo têm mostrado que há maior gravidade da murcha-de-curtobacterium em feijão cultivado em áreas após a rotação com aveia, embora não se tenha conhecimento científico sobre o assunto. Inicialmente, o sintoma da doença é caracterizado pelo amarelecimento, com consequente nanismo, murcha e morte da planta (Foto 5). Pode-se constatar na mesma planta poucas folhas totalmente murchas e necrosadas, em contraste com outras sem sintomas. As sementes de tegumento claro infectadas revelam coloração amarelada ou não apresentam nenhum tipo de sintoma visível. A coloração amarelada das sementes pode ser sintoma de infecção de cretamento bacteriano comum, levando muitas vezes à confusão no diagnóstico do patógeno.

Em condições ambientais favoráveis à doença, as plantas adultas infectadas apresentam-se com um grande número de folhas murchas e, em condições ambientais pouco favoráveis, a murcha ocorre lentamente, podendo completar seu ciclo até a maturação dos grãos, dificultando assim sua diagnose.

Embora a colonização de *C. flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens* na cultura do feijão seja nos vasos de xilema (Foto 6), geralmente plantas doentes não apresentam escurecimento vascular e isso pode dificultar a diagnose da doença em campo. Porém, quando ocorre infecção mista de *C. flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens* e *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*, agente causal da murcha-de-fusarium, o escurecimento da região vascular é típico. A semelhança entre os sintomas dessas duas doenças provavelmente dificultou a constatação de *C. flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens* no país.

3 ETIOLOGIA E EPIDEMIOLOGIA

Curtobacterium flaccumfaciens pv. *flaccumfaciens* apresenta formato bastonete, Gram-positivo, móvel por um ou mais flagelos polares ou sub-polares, aeróbia estrita e não forma endósporo. Em meio de cultura extrato de levedura-glicose-ágar, apresenta colônias ligeiramente convexas, sem viscosidade, semifluidas e de coloração amarela, laranja ou rósea. Desenvolve-se na presença de 7 a 9% de NaCl e em temperaturas ótimas de 24 a 27°C e máximas de 35 a 37°C. Essa bactéria apresenta alta variabilidade genética e pode produzir bacteriocinas *in vitro*. Recentemente, foi desenvolvido um meio de cultura CFFSM (meio de cultura semisseletivo para *C. flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens*), de alta eficácia e baixo custo, para o isolamento dessa bactéria de sementes naturalmente infectadas; esse meio de cultura poderá ser utilizado em rotina de laboratório visando à detecção de *C. flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens* em sementes de feijoeiro.

Curtobacterium flaccumfaciens pv. *flaccumfaciens* não é capaz de sobreviver por grandes períodos no solo, mas pode se tornar fonte de inóculo para cultivos subsequentes por meio de restos de cultura infestados ou sobrevivendo em hospedeiros alternativos. A infecção inicia-se a partir da penetração do patógeno nos tecidos do hospedeiro, deslocando-se ao sistema vascular da planta.

A soja é infectada por *C. flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens*, que causa uma doença ainda não detectada no Brasil, denominada *tan spot*. Visando a avaliar o comportamento de vinte cultivares de soja a um isolado de *C. flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens* proveniente de plantas de feijão, alguns autores observaram baixos níveis de severidade da doença nas diferentes cultivares, independentemente do método de inoculação utilizado (folha ou caule). A bactéria também pode infectar plantas de feijão-vagem (*Phaseolus vulgaris*), feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) e feijão-mungo (*Vigna radiata*).

A disseminação do patógeno a longas distâncias ocorre, principalmente, por sementes infectadas, enquanto que, dentro da cultura, não se tem conhecimento conciso sobre a ação da água da chuva e/ou irrigação na disseminação dessa bactéria, uma vez que ela coloniza preferencialmente vasos de xilema das plantas (Foto 6).

4 MEDIDAS DE CONTROLE

O controle da murcha-de-curtobacterium da cultura do feijão está fundamentado no uso de sementes saudáveis, rotação de culturas e cultivares resistentes. A adubação das plantas deve ser sempre criteriosa, conforme indicado pela análise de solo. Apesar de o potássio não exercer influência na expressão dos sintomas da murcha-de-curtobacterium, doses crescentes de nitrogênio, na forma de ureia, tendem a aumentar a severidade da doença, em função da suscetibilidade da cultivar. O emprego de lodo de esgoto, em várias doses, na adubação de plantas de feijão não apresentou efeito na redução da severidade dos sintomas da doença. Tentativas de indução de resistência com acibenzolar-s-methyl foram realizadas tanto no tratamento de sementes quanto em pulverização de plantas para o controle da murcha-de-curtobacterium, contudo, os resultados não foram satisfatórios. Devido à maior ocorrência da doença em áreas cultivadas com aveia, deve-se evitar o cultivo de feijão após o cultivo da mesma.

A rotação de culturas, o uso de sementes saudáveis e o emprego de cultivares resistentes são as principais medidas de controle para a murcha-de-curtobacterium. Dentre os inúmeros experimentos conduzidos em várias regiões do país por diversos pesquisadores, os principais genótipos de feijoeiro que apresentaram moderados a altos níveis de resistência a essa doença, sob condições de inoculação artificial, foram: IAC Carioca Aruã, IAC Carioca Akytã, IAC Carioca Pyatã, IAC Carioca Tybatã e IAPAR 31, Santa Fé, Roxinho, Roxinho Antigo, Roxão de Caxo, Roxão e

Trilha de Ferro, Ouro Branco e IPA 9, Vermelho Desconhecido e Ovo de Codorna Tyunaga e Mouro Piratuba.

5 REFERÊNCIAS

- BEHLAU, F.; LEITE JUNIOR, R. P. Patogenicidade de *Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens* para diferentes plantas cultivadas. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 28, n. 1, p. 78, 2002. Suplemento.
- DAVIS, M. J.; VIDAVER, A. K. Coryneform plant pathogens. In: SCHAAD, N. W.; JONES, J. B.; CHUN, W. (Ed.). **Plant pathogenic bacteria**. 3. ed.; St. Paul: APS, 2001.
- DUNLEAVY, J. M. et al. Prevalence of *Corynebacterium flaccumfaciens* as incitant of bacterial tan spot of soybean in Iowa. **Plant Disease**, v. 67, n. 11, p. 1277-1279, 1983.
- HEDGES, F. A bacterial wilt of bean caused by *Bacterium flaccumfaciens*. **Science**, v. 55, p. 433-434, 1922.
- LEITE JUNIOR, R. P. et al. Ocorrência de *Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens* em feijoeiro no Paraná e Santa Catarina. **Fitopatologia Brasileira**, Fortaleza, v. 26, p. 303, 2001. Suplemento.
- MARINGONI, A. C. Comportamento de cultivares de feijoeiro comum à murcha-de-curtobacterium. **Fitopatologia Brasileira**, Fortaleza, v. 27, n. 2, p. 161-166, 2002.
- _____; CAMARA, R. C. *Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens* detection in bean seeds using semi-selective culture medium. **Brazilian Journal of Microbiology**, São Paulo, v. 37, n. 4, p. 451-455, 2006.
- _____; CAMARA, R. C.; SOUZA, V. L. Semi-selective culture medium for *Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens* isolation from bean seeds. **Seed Science and Technology**, v. 34, n. 1, p. 117-124, 2006.
- _____; KUROSZAWA, C. Tipificação de isolados de *Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens* por bacteriocinas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 9, p. 1339-1345, 2002.

_____.; ROSA, E. F. Ocorrência de *Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens* em feijoeiro no estado de São Paulo. **Summa Phytopathologica**, Jaboticabal, v. 23, p. 160-162, 1997.

_____.; SOUZA, E. L. C. Reação de cultivares de soja a isolado de *Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens*, proveniente de feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 6, p. 777-781, 2003.

RAVA, C. A.; COSTA, J. G. C. Reação de cultivares de feijoeiro comum à murcha-de-curtobacterium. In: REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE PESQUISA DE FEIJÃO, 5., 2001, Londrina, PR. **Anais...** Londrina: Instituto Agrônomo do Paraná, 2001. p. 55-56.

RAVA, C. A. et al. Procura de fontes de resistência à murcha-de-Curtobacterium em coletas de feijoeiro comum. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 7., 2002, Viçosa, MG. **Resumos Expandidos**. Viçosa. Universidade Federal de Viçosa, 2002. p. 128-129.

RODRIGUES, R. B.; SILVA JÚNIOR, T. A. F.; MARINGONI, A. C. Efeito da aplicação de lodo de esgoto na severidade da murcha-de-curtobacterium em feijoeiro. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 32, n. 1, p. 82-84, 2006.

SAETTLER, A. W. Bacterial wilt. In: HALL, R. (Ed.). **Compendium of bean diseases**. St. Paul: APS Press, 1991.

SOARES, R. M.; MARINGONI, A. C. Ação de acibenzolar-s-methyl sobre a germinação e desempenho de sementes de feijoeiro e na indução de resistência à murcha-de-curtobacterium. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 28, n. 1, p. 41-45, 2002.

SOARES, R. M.; MARINGONI, A. C.; LIMA, G. P. P. Ineficácia de acibenzolar-s-methyl na indução de resistência de feijoeiro à murcha-de-curtobacterium. **Fitopatologia Brasileira**, Fortaleza, v. 29, n. 4, p. 373-377, 2004.

SOUZA, V. L. Reação de genótipos de feijoeiro a *Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens*, agressividade e variabilidade molecular de isolados. Tese (Doutorado em Agronomia/Proteção de Plantas) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2004.

_____.; MARINGONI, A. C.; SAKATE, R. K. Variabilidade genética em isolados de *Curtobacterium flaccumfaciens*. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 32, n. 2, p. 170-176, 2006.

THEODORO, G. F.; HERBES, D. H. Reação de cultivares locais de feijoeiro, coletadas em Santa Catarina à murcha-de-curtobacterium. In: REUNIÃO TÉCNICA CATARINENSE DE MILHO E FEIJÃO, 5., 2005. Chapecó, SC. **Resumos Expandidos**. Chapecó: Epagri/Cepaf, 2005. p. 296-301.

THEODORO, G. F.; MARINGONI, A. C. Efeito de doses de nitrogênio na severidade da murcha-de-curtobacterium em cultivares de feijoeiro. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 32, n. 2, p. 131-138, 2006a.

THEODORO, G. F.; MARINGONI, A. C. Efeito de doses de potássio na severidade da murcha-de-curtobacterium em cultivares de feijoeiro comum. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 32, n. 2, p. 139-146, 2006b.

THEODORO, G. F.; MARINGONI, A. C. Murcha-de-curtobacterium do feijoeiro no estado de Santa Catarina e reação de genótipos a *Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens*. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 32, n. 1, p. 34-41, 2006c.

UESUGI, C. H.; FREITAS, M. A.; MENEZES, J. R. Ocorrência de *Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens* em feijoeiro, em Goiás e no Distrito Federal. **Fitopatologia Brasileira**, Fortaleza, v. 28, n. 3, p. 324, 2003.

Doenças Causadas por Vírus

Anésio Bianchini

1 INTRODUÇÃO

As doenças causadas por vírus estão entre os principais fatores que causam danos na cultura do feijão e elevam o custo de produção da cultura. Essas doenças são importantes tanto pelas perdas que podem causar na produção, quanto pela impossibilidade de se realizar um controle químico desse tipo de patógeno. Muitas são as doenças causadas por vírus na cultura do feijão, porém, as viroses causadas por *Begomovirus* (o mosaico dourado e outras que afetam as plantas de espécies de Malváceas e Euforbiáceas da vegetação espontânea), o mosaico comum e o mosaico rugoso são as de maior importância no Brasil, necessitando de medidas de controle. Serão descritas neste capítulo as que constituem problemas atuais e outras de ocorrência mais conhecida nas lavouras brasileiras ou que constituem ameaças futuras.

2 MOSAICO DOURADO DO FEIJOEIRO – *BEAN GOLDEN MOSAIC VIRUS* (BGMV)

O mosaico dourado, causado pelo vírus da espécie *Bean golden mosaic virus* (BGMV) foi relatado pela primeira vez no Brasil em 1965, quando

sua incidência era muito baixa, sem importância econômica para cultura. Com a expansão do cultivo de espécies hospedeiras da mosca branca (*Bemisia tabaci* Genn.) vetora do vírus, principalmente a soja e o algodão, e ocorrência de espécies da vegetação espontânea, em altas infestações, como o “leiteiro” (*Euphorbia* spp.) e guanxumas (*Sida* spp.), a partir do início da década de 1970, essa virose passou a ser considerada uma das mais prejudiciais doenças à cultura do feijão em quase todos os estados brasileiros. Não tem, contudo, sido problema nos estados de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul. O mosaico dourado é uma das principais viroses do feijão também em outros países da América do Sul, como Argentina e Colômbia, e na maioria dos países da América Central e Caribe. O vírus foi constado também no estado da Flórida (EUA).

O BGMV, em condições favoráveis à multiplicação da mosca branca, ou seja, temperaturas elevadas, acima de 30°C, que geralmente ocorrem nos meses de janeiro a abril, pode infectar 100% das plantas na maioria das lavouras de cultivares suscetíveis. Nessas condições, considerando as perdas em peso e qualidade de grãos, os prejuízos podem atingir 100%.

2.1 SINTOMAS

Os sintomas induzidos pelo BGMV na cultura do feijão são diversos. A ocorrência do mosaico constituído por salpicamento amarelo intenso, distribuído irregularmente no limbo foliar; deformações das folhas, vagens e ramos; e redução de crescimento da planta são os mais frequentes. A intensidade e tipos de sintomas podem variar de acordo com a cultivar de feijão; pressão do inóculo; população de mosca branca portadora do vírus; idade da planta no momento da infecção; e presença de isolados do vírus ou de infecção mista do BGMV com outras espécies de *Begomovirus* que ocorrem em Malváceas (*Sida* sp) e Euforbiáceas (*Euphorbia* sp). Quando a infecção ocorre no início do desenvolvimento das plantas, os primeiros trifolíolos aparecem encarquilhados ou curvados para baixo, ao que se segue o clareamento ou uma leve clorose das

nervuras. À medida que as folhas se desenvolvem, as cloroses nas nervuras transformam-se em pequenas manchas amareladas, conferindo um aspecto salpicado ao limbo foliar (Foto 7). Trifolíolos encarquilhados podem não se desenvolver normalmente e as plantas com predominância de encarquilhamento severo sofrem drástica redução em tamanho, podendo também ocorrer excesso de brotações laterais, tomando um aspecto de envassouramento (Foto 8). Em condições de campo, algumas cultivares reagem predominantemente com encarquilhamento e outras com mosaico, assim como há cultivares que apresentam todos os tipos de sintomas, como é o caso da IAC-Carioca.

2.2 ETIOLOGIA

O vírus do mosaico dourado do feijoeiro pertence ao gênero *Begomovirus* e espécie *Bean golden mosaic virus* (BGMV). Suas partículas geminadas são icosaédricas, medindo cada monômero de 18 a 19nm. Seu genoma é constituído de DNA circular, de fita simples, dividido entre as duas unidades componentes da partícula. As duas moléculas de DNA diferem quanto à sequência de nucleotídeos e ambas são necessárias para que a partícula seja infectiva. Isolados dos vírus que ocorrem no Brasil e em outros países da América Latina induzem doenças semelhantes e recebem a mesma denominação, possuindo, no entanto, algumas características patogênicas e genéticas diferentes. Isolados de BGMV do Brasil, por exemplo, não são transmissíveis mecanicamente, enquanto os da América Central e do Caribe o são. Isolados brasileiros possuem uma similaridade na sequência de nucleotídeos de 75% com relação a isolados da Guatemala, Porto Rico e República Dominicana, ao passo que a similaridade entre isolados dessas três últimas origens é maior que 95%. Por essa razão, foram classificados como: BGMV-BR = *Bean golden mosaic virus* - Brasil BGMV-DR = *Bean golden mosaic virus* - Dominican Republic e BGMV-GA = *Bean golden mosaic virus* - Guatemala. O BGMV do Brasil tem maior similaridade genética com o *Tomato golden mosaic virus*

(TGMV) do Brasil. Isolados do BGMV do Brasil coletados no Paraná têm apresentado variabilidade genética entre eles, devendo ser essa a causa da indução de diferentes sintomas.

O BGMV não é transmitido através da semente. A transmissão e disseminação do BGMV se dão exclusivamente pelo inseto vetor denominado de mosca branca (*Bemisia tabaci* Genn.), a qual transmite o vírus com muita eficiência. Até o final da década de 1980, o vírus era transmitido pela *B. tabaci* biótipo A. Atualmente, existe também o biótipo B, o qual, segundo relato realizado no ano 2000, predomina nas populações deste inseto nas lavouras de feijão no estado do Paraná. Este biótipo B também transmite com eficiência os *Begomovirus* que afetam a cultura do feijão e outras espécies. O inseto pode adquirir o vírus em poucos minutos, porém, para haver transmissão eficiente, é necessário um período mais longo. Uma alimentação de 48 horas para aquisição do vírus e de 24 horas para inoculação são suficientes para uma eficiência de aproximadamente 100% de transmissão. Em geral, após a obtenção do vírus, o inseto pode transmiti-lo durante alguns dias ou várias semanas. A relação vírus-vetor é de forma circulativa, sendo em alguns relatos descrita como persistente e em outros como semipersistente. O vírus pode ser introduzido em uma lavoura proveniente de outras lavouras de feijão ou de hospedeiras da vegetação espontânea. As espécies *Galactia striata* Urb., *Phaseolus lunatus* L. (feijão-de-lima), *Phaseolus longepedunculatus* (Mart.) e *Macroptilium erythroloma* (Mart. ex. Benth.), *Nicandra physaloides* (L.) Gaertn. e *Malvastrum coromandelianum* são descritas como possíveis reservatórios do vírus em condições naturais. Um hospedeiro comumente encontrado na vegetação espontânea com sintomas de mosaico dourado, e que pode ser um dos principais reservatórios do vírus, é o feijão-de-lima. Temperaturas elevadas acima de 28°C são condições favoráveis à ocorrência de altas populações da mosca branca e, conseqüentemente, a altas incidências de mosaico dourado. Temperaturas acima de 25°C são favoráveis à multiplicação do vírus.

2.3 CONTROLE

O uso de cultivares resistentes ou tolerantes é atualmente a medida mais eficiente de controle do mosaico dourado. Cultivares desenvolvidos com essa finalidade, como IAPAR 57, IAPAR 65 e IAPAR 72 foram recomendados para semeaduras em épocas e regiões de incidência do BGMV no estado do Paraná. A cultivar Ônix também foi recomendada para semeaduras “das secas”, para algumas regiões do Brasil, sob moderada incidência do BGMV. Épocas de semeadura, evitando coincidir o início da cultura com altas populações de mosca branca ; semeaduras intercalares ou entre faixas de outras culturas que servem como barreiras; e eliminação de outras espécies hospedeiras do vetor são medidas que podem reduzir a incidência da virose e contribuir para a resistência genética em virtude de um controle satisfatório. O uso de inseticidas sistêmicos também pode contribuir para a redução da população do inseto vetor, porém, sob alta população do mesmo, não controla o mosaico dourado.

3 MOSAICO COMUM – *BEAN COMMON MOSAIC VIRUS* (BCMV)

O mosaico comum do feijoeiro, uma das primeiras fitoviroses descritas na literatura, foi relatada pela primeira vez em 1894. Devido aos danos que pode causar, a transmissão do vírus pela semente e a sua ocorrência mundial, é considerada também uma das doenças mais importantes para a cultura do feijão. Com a semeadura de cultivares suscetíveis e o uso sucessivo de sementes infectadas, pode haver uma incidência que varia de 50% até próximo de 100% de plantas doentes. Perdas na produção variam, dependendo do estágio da planta na época de infecção. Quando a infecção se dá no início do desenvolvimento das plantas ou quando a doença é causada por vírus vindo da semente, podem ocorrer perdas superiores a 90%.

3.1 SINTOMAS

O sintoma característico é o mosaico foliar formado por áreas de coloração verde-escura, intercaladas por áreas verde-claras ao longo das nervuras das folhas. Quando os sintomas são mais severos, ocorre formação de bolhas nas áreas verde-escuras junto à nervura principal dos folíolos, retorcimento e diminuição do tamanho dos folíolos (Foto 9). Em algumas cultivares, podem surgir brotações novas com folhas pequenas e internódios curtos. Sintomas necróticos sistêmicos são induzidos em cultivares que possuem o gene *I*, o qual confere hipersensibilidade às plantas. Esse tipo de reação caracteriza-se por necrose vascular, que evolui do ápice para a base da planta, descoloração do caule e necrose das nervuras nos trifólios, seguida de morte apical e morte da planta.

3.2 ETIOLOGIA

O vírus do mosaico comum do feijoeiro pertence ao gênero *Potyvirus* e espécie *Bean common mosaic virus* (BCMV). É constituído de partículas alongadas flexíveis, medindo de 12 a 15nm de diâmetro e de 720 a 770nm de comprimento. O ácido nucléico é do tipo RNA de fita simples. Existem várias estirpes do BCMV que se diferenciam de acordo com o tipo da reação induzida em cultivares de feijão diferenciadores. Essas são agrupadas em: a) estirpes que não induzem necrose em cultivares hipersensíveis portadores do gene *I*; b) estirpes que induzem necrose em condições de altas temperaturas; e c) estirpes que induzem necrose independentemente da temperatura. O BCMV é transmitido pela semente em porcentagens que podem variar de 3% a 95%, dependendo da cultivar, estirpe do vírus e estágio da planta na ocasião da infecção. A transmissão entre plantas pode ser por inoculação mecânica e por insetos. Várias espécies de afídeos são vetoras não persistentes do vírus. O inseto pode adquirir o vírus em menos de um minuto e transmiti-lo imediatamente a uma planta sadia. A capacidade de transmissão também é perdida

rapidamente, geralmente após a primeira alimentação. Entre as espécies de pulgões, *Myzus persicae* Sulz. e *Myzus nicotianae* têm-se mostrado duas das mais eficientes na transmissão do vírus em nossas condições. Várias espécies dos gêneros *Aphis*, *Macrosiphum* e *Acyrtosiphum* também são transmissoras do BCMV. Plantas hospedeiras do BCMV incluem outras espécies de *Phaseolus* e, ocasionalmente, *Lupinus luteus* e *Rhynchosia minima*. Espécies de vários outros gêneros como *Crotalaria juncea*, *Crotalaria striata*, *Vigna unguiculata*, *Canavalia ensiformes*, *Macroptilium lathyroides*, *Vicia faba* e várias outras são suscetíveis ao vírus sob condições experimentais.

3.3 CONTROLE

O uso de cultivares resistentes, portadoras do gene dominante *I*, é a medida de controle mais eficiente do BCMV. Esse gene confere hipersensibilidade às plantas, inibe a indução de mosaico e impossibilita a transmissão do vírus pelas sementes ou pelos insetos vetores. Além disso, esse tipo de defesa das plantas não é específico para estirpes do vírus. Como existem estirpes de BCMV que podem causar necrose sistêmica, independentemente da temperatura, essa reação, em campo, pode causar morte das plantas em níveis prejudiciais. Esse tipo de problema, no entanto, pode ser superado pela incorporação de genes recessivos, os quais conferem resistência a essas estirpes, impedindo assim a indução de necrose. Por outro lado, não se tem constatado no Brasil ocorrência de necrose sistêmica ao nível de dano econômico, sendo o uso de cultivares com gene *I* uma forma eficaz de controle do BCMV. As cultivares comerciais recomendadas oficialmente no Brasil devem possuir, obrigatoriamente, esse tipo de resistência. Caso haja interesse de uso de cultivares que não possuam o gene *I*, o uso de sementes livres do vírus, associado ao uso de inseticidas para controle de pulgões, constitui alternativa eficiente para evitar a ocorrência do mosaico comum.

4 MOSAICO RUGOSO – *BEAN RUGOSE MOSAIC VIRUS* (BRMV). “VÍRUS DO MOSAICO-EM-DESENHO DO FEIJOEIRO”

O primeiro relato de ocorrência do mosaico rugoso foi em 1969, em lavouras de feijão no estado de São Paulo, quando foi denominado de mosaico-em-desenho. A partir do início da década de 1980 a virose foi detectada no Distrito Federal, estado do Paraná, Minas Gerais e lavouras irrigadas no estado de Goiás. Até o momento não há relatos de incidência com prejuízos elevados nas regiões mencionadas, mas já foram constatadas lavouras com até 40% de plantas infectadas em Minas Gerais e mais de 50% em algumas lavouras no Paraná. Em condições experimentais, têm-se observado perdas na produção de 11,2% a 72%, dependendo da cultivar. No Paraná, o vírus é observado com maior frequência na safra “das secas”, cultivos no período de janeiro a abril. Nessa época, frequentemente ocorre infecção mista do vírus do mosaico rugoso (BRMV) com o BGMV, causando sintomas de encarquilhamento severo ou superbrotamento. O problema mais grave, quando ocorre infecção mista, é a perda da resistência do feijão ao BGMV em cultivares que possuem essa característica. A maior preocupação com relação a essa virose é sua distribuição no Brasil e as características dos vetores, os quais ocorrem em todo o país e em todas as épocas do ano. Esses fatores, aliados a inexistência de cultivares resistentes, favorecem a ocorrência da doença de forma epidêmica, podendo causar danos elevados nas regiões produtoras.

4.1 SINTOMAS

O mosaico rugoso caracteriza-se por mosaico em faixas simétricas verde-escuras ou normais nas nervuras e áreas verde-claras entre as nervuras (Foto 10). Os folíolos podem apresentar-se afilados com bordos irregulares e certa rugosidade, principalmente nas folhas mais novas. As áreas mais claras ou amareladas podem coalescer e as faixas nas nervuras ficarem menos evidentes, podendo desaparecer em algumas partes do folíolo.

4.2 ETIOLOGIA

O vírus possui partícula isométrica de 25 a 30nm, relacionada ao gênero *Comovirus*. Círculo de hospedeiras, relações serológicas e características moleculares do seu genoma indicam que o vírus pertence à espécie *Bean rugouse mosaic virus* (BRMV). Sua transmissão é feita por besouros crisomelídeos das espécies *Cerotoma arcuata* (Oliv.) e *Diabrotica speciosa* (Germ.), numa relação do tipo persistente. É necessário um período mínimo de 1 a 3 horas de alimentação para o inseto adquirir o vírus. A transmissão para plantas saudáveis pode ser imediata ou levar até uma hora. Após uma aquisição de 48 horas, o inseto pode manter sua infectividade de 6 a 8 dias. *Cerotoma arcuata* é mais eficiente na transmissão do vírus. O vírus pode ser facilmente transmitido por inoculação mecânica, mas não tem sido transmitido através das sementes. Além da cultura do feijão, a cultura da soja (algumas cultivares), da ervilha, da mucuna anã e de *Chenopodium quinoa* Wild também são hospedeiras do patógeno.

4.3 CONTROLE

Não há recomendação de medidas específicas para controle do mosaico rugoso do feijoeiro. As alternativas possíveis são: evitar a semeadura próxima a prováveis fontes do vírus, como lavouras de soja ou de feijão que contenham o vírus e o inseto vetor, e controlar quimicamente os insetos vetores com inseticidas recomendados, com tratamento de semente ou aplicação foliar no início do desenvolvimento das plantas.

5 OUTRAS DOENÇAS CAUSADAS POR VÍRUS

5.1 MOSAICO AMARELO

O vírus causador do mosaico amarelo é o *Bean yellow mosaic virus* (BYMV), pertencente ao gênero *Potyvirus* e serologicamente relacionado

ao BCMV. O BYMV distingue-se do BCMV porque pode infectar cultivares resistentes a este e não é transmitido pelas sementes. As demais características relacionadas à partícula viral e suas propriedades físicas são similares às do BCMV. O sintoma mais comum do BYMV é o mosaico foliar, caracterizado por áreas cloróticas intercalando áreas de cor verde normal da folha. Dependendo da severidade da doença, pode ocorrer formação de bolhas, rugosidade e redução acentuada das folhas. São hospedeiras do BYMV outras leguminosas, como a ervilha (*Pisum sativum*), o tremoço (*Lupinus* spp.), a soja e algumas espécies de crotalária e de gladiolo. O vírus pode ser transmitido por inoculação mecânica e disseminado nas lavouras pelas mesmas espécies de afídeos que transmitem o BCMV. Não são necessárias medidas especiais de controle para essa virose. O controle químico de outras pragas contribui para controlar os pulgões vetores do BYMV, evitando sua disseminação na lavoura. A semeadura distante de lavouras de espécies hospedeiras pode também evitar eventual ocorrência do vírus em níveis prejudiciais.

5.2 MOSAICO COMUM DA SOJA

As propriedades morfológicas e físicas das partículas do vírus causador, vírus do mosaico comum da soja, *Soybean mosaic virus* (SMV), são similares às do BCMV. A diferença básica está na capacidade do SMV causar doença tanto na cultura da soja como na do feijão, enquanto o BCMV não infecta a soja. Os sintomas em plantas de feijão são similares, embora mais severos do que aqueles induzidos pelo vírus do mosaico comum do feijoeiro. As cultivares resistentes ao BCMV também o são ao SMV. Entretanto, algumas cultivares do grupo manteiga, suscetíveis ao BCMV, como Jalo, Goiano Precoce e Carnaval, são resistentes ao SMV, reagindo apenas com lesões locais. As mesmas medidas de controle recomendadas para o BCMV são também eficientes para o SMV, acrescentando-se, neste caso, a semeadura do feijão distante de lavouras de soja infectadas com o SMV.

5.3 MOSAICO ANÃO

A virose da cultura do feijão denominada no Brasil de mosaico anão é causada por um vírus pertencente ao gênero *Begomovirus*, originário de Malváceas da vegetação espontânea do gênero *Sida* spp. (guanxumas). A sua transmissão de *Sida* para a planta de feijão é feita pela mosca branca, mas dificilmente é transmitido de plantas de feijão para feijão. Sua distribuição no Brasil e época de ocorrência também são semelhantes às do mosaico dourado, porém, sua incidência tem sido baixa, menor que 5% de plantas infectadas. Quando ocorrem surtos elevados de mosca branca, têm-se observado maior incidência em algumas regiões, que se dá, predominantemente, através de infecção mista com o BGMV. Essa doença é caracterizada pelo nanismo acentuado das plantas, brotações axilares e folhas de tamanho reduzido. As folhas basais, ao contrário das demais, são mais desenvolvidas que o normal, possuindo bordos curvados para baixo, coloração verde-escura com manchas amareladas e apresentando frequentemente rugosidade. A produção de vagens é bastante reduzida, e estas são malformadas, com pouco ou nenhum grão. As medidas de controle recomendadas para o mosaico dourado também são eficientes para o vírus do mosaico anão.

5.4 MOSAICO DA EUFÓRBIA

O mosaico da Eufórbia é causado por um vírus também pertencente ao gênero *Begomovirus*, proveniente de plantas de euforbiáceas da vegetação espontânea, conhecidas comumente como amendoim-bravo ou leiteiro (*Euphorbia* spp.). Essa doença se caracteriza por apresentar folhas deformadas, com lesões cloróticas ou necróticas. As folhas e a planta têm seu crescimento reduzido, podendo ocorrer desenvolvimento de brotos axilares também com tamanho reduzido e folhas deformadas ou encarquilhadas. O vírus tem como vetor a mosca branca, mas sua transmissão de plantas de amendoim-bravo para a cultura do feijão

é menos frequente que a do BGMV. O vírus da eufórbia também pode ocorrer em infecção mista com o BGMV e com o vírus do mosaico anão, causando danos mais severos nas plantas do que a infecção individual por qualquer um deles. O vírus não é transmitido pela semente de feijão e nem do amendoim-bravo. As medidas de controle recomendadas para o mosaico dourado também são eficientes para o mosaico da eufórbia.

5.5 MOSAICO DO SUL

O vírus causador pertence ao gênero *Sobemovirus*, espécie *Southern bean mosaic virus* (SBMV). É constituído de partículas isométricas de 25 a 30nm de diâmetro e pode ser transmitido através das sementes de feijão em baixa porcentagem. É facilmente transmissível por inoculação mecânica e tem como vetor besouros dos gêneros *Diabrotica* e *Cerotoma*. No Brasil, não há relatos de incidência prejudicial à produção da cultura do feijão. Os sintomas induzidos por essa virose variam de acordo com as cultivares de feijão e estirpes do vírus. Quando a infecção é sistêmica, as plantas podem apresentar mosaico clorótico de severidade variável ou não apresentar sintomas visíveis, dependendo da cultivar. No caso de infecção localizada, surgem lesões necróticas e redução no desenvolvimento da planta. Para evitar possíveis incidências em níveis prejudiciais, deve-se evitar o uso de sementes produzidas em lavouras afetadas pela virose, fazer controle químico das pragas ou usar cultivares resistentes ao vírus.

5.6 NÓ VERMELHO

A virose nó vermelho é causada pelo mesmo vírus que também causa a necrose branca do fumo e a “queima do broto” da soja. O vírus pertence ao gênero *Ilarvirus*, espécie *Tobacco streak virus* (TSV), e é constituído de partículas isométricas de 20 a 30nm de diâmetro. É transmitido mecanicamente e pelas sementes. Tem como vetor o tripses, provavelmente

da espécie *Frankliniella*. A erva da vegetação espontânea cravorana (*Ambrosia polystachya* D.C.), é hospedeira do vetor e provavelmente também reservatório do vírus. Outro provável reservatório é *Nicandra physaloide*, a qual é suscetível ao vírus e pode perpetuá-lo através das sementes. A ocorrência dessa virose atingindo elevadas porcentagens de plantas tem sido esporádica no estado do Paraná e muito localizada. O sintoma característico na cultura do feijão é a ocorrência de necrose de coloração parda ou avermelhada nos nós da planta, a qual pode progredir e tomar grande parte do caule, ramos e pecíolos. Nas folhas, pode causar necrose nas nervuras, ou lesões necróticas anelares. Em casos mais severos, pode causar morte do broto apical ou de toda a planta. Nas vagens, podem ocorrer manchas pardas de diferentes tamanhos, às vezes tomando grande parte da sua superfície. Em regiões onde forem constatadas ocorrência da virose, deve-se eliminar possíveis reservatórios do vírus da vegetação espontânea ou evitar a semeadura próxima a outras lavouras que contenham o vírus.

5.7 SUPERBROTAMENTO

O superbrotamento é uma doença causada pela infecção mista de plantas de feijão por alguns dos vírus já descritos, principalmente a infecção mista ou dupla entre as diferentes espécies de *Begomovirus* e entre o BRMV com o BGMV. O BGMV tem sido um dos componentes constantes das infecções duplas. Ocorrências dessa natureza, que têm causado prejuízos em algumas regiões, puderam ser observadas com frequência no norte do Paraná, na safra “das secas”. O sintoma mais comum resultante da infecção mista é o “superbrotamento”. Esse sintoma é resultante da redução drástica do tamanho da planta; excesso de brotações axilares, também de tamanhos reduzidos ; e produção de folhas miúdas e malformadas. A produção da planta afetada é muito baixa ou nula. O superbrotamento tem sido problema sério em condições de populações elevadas da mosca branca e outros insetos que transmitem

os demais vírus. Recomenda-se o mesmo tipo de controle destinado ao BGMV para o caso de infecção mista com outros vírus. A associação das medidas de controle específicas para as viroses envolvidas também é recomendada.

6 REFERÊNCIAS

ANJOS, J. R. N. et al. Mosaico-em-desenho. In: SARTORATO, A.; RAVA, C. A. (Eds.). **Principais doenças do feijoeiro comum e seu controle**. Brasília: CNPAF/EMBRAPA, 1994.

BIANCHINI, A. Genetic control of bean golden mosaic virus (BGMV) in the state of Paraná. In: MORALES F. J. (Ed.). **Bean golden mosaic research advances**. Cali, Colombia: CIAT, 1994.

_____.; HOHMANN, C. L.; ALBERINI, J. L. **Distribuição geográfica e orientação técnica para prevenção do vírus do mosaico dourado do feijoeiro no estado do Paraná**. Londrina: IAPAR, 1981. Informe de Pesquisa, 42.

_____.; MENEZES, J. R.; MARINGONI, A. C. Doenças do feijoeiro. In: IAPAR (Ed.). **O feijão no Paraná**. Londrina: IAPAR, 1989.

_____.; MENEZES, J. R.; MARINGONI, A. C. Doenças e seu controle. In: IAPAR (Ed.). **O feijão no Paraná**. Londrina: IAPAR, 1989.

BLAIR, M. W. et al. Occurrence of bean golden mosaic virus in Florida. **Plant Disease**, v. 79, p. 529-533, 1995.

COSTA, A. S. Fitoviroses do feijoeiro no Brasil. In: BULISANI, E. A. (Ed.). **Feijão: fatores de produção e qualidade**. Campinas: Fundação Cargill, 1987.

DE NARDO, E. B.; COSTA, A. S. Diferenciação de isolados do complexo brasileiro do vírus do mosaico dourado do feijoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, v. 11, p. 655-666, 1986.

GILBERTSON, R. L. et al. Genetic diversity in geminiviruses causing bean golden mosaic disease: The nucleotide sequence of the infectious cloned DNA components of a Brazilian isolate of bean golden mosaic geminivirus. **Phytopathology**, v. 83, p. 709-715, 1993.

HALL, R. (Ed.). **Compendium of bean diseases**. St. Paul: APS Press, 1991.

LIN, M. T.; GOMEZ, R.; KITAJIMA, E. W. Bean “mosaico-em-desenho” virus is a member of the bean rugose mosaic virus serogroup. **Fitopatologia Brasileira**, v. 6, p. 293-298, 1981.

LOURENÇÃO, A. L.; NAGAI, H. Surtos populacionais de *Bemisia tabaci* no estado de São Paulo. *Bragantia*, n. 53, p. 53-59, 1994.

MARTINEZ, S. S. et al. Identification, geographic distribution and host plants of *Bemisia tabaci* (Genn) Biotypes (Homoptera: Aleyrodidae) in the state of Paraná Brazil. **An. Soc. Entomol. Brasil**, v. 29, n. 3, p. 597-603, 2000.

RAVA, C. A. Fogo selvagem. In: ZIMMERMANN, M. J. O.; RICHA, M.; YAMADA, T. (Ed.). **Cultura do feijoeiro**: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: Associação para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1988.

SOUTO, E. R. et al. Análise molecular de segmento do RNA2 de *Comovirus* isolados de soja no estado do Paraná. **Fitopatologia Brasileira**, v. 27, p. 525-527, 2002.

ZIMMERMANN, M. J. O. **Cultura do feijão**: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: Potafós, 1988.

PARTE II

DOENÇAS CAUSADAS POR FUNGOS

DIAGNOSE E EPIDEMIOLOGIA

*Todo o homem tem direito à vida, à liberdade e
à segurança pessoal.*

Declaração Universal dos Direitos Humanos - Artigo 3

Antracnose

Maristella Dalla Pria

Olavo Corrêa da Silva

1 INTRODUÇÃO

A antracnose, causada por *Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc & Magn.) Lams.-Scrib., cuja fase perfeita corresponde à *Glomerella cingulata* (Ston.) Spauld & Scherenk f. sp. *phaseoli* Kimati, é considerada uma das doenças mais graves que atingem a cultura do feijão no Brasil, uma vez que pode ocorrer em toda a parte aérea da planta e, ao encontrar condições favoráveis, causar grandes prejuízos na produção. Essa doença é de distribuição ampla. Já foi constatada em vários países da Europa, África, Ásia e América. No Brasil, ocorre nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Minas Gerais, Bahia, Pernambuco, Espírito Santo, Alagoas, Sergipe e Paraíba. Essa ampla abrangência deve-se ao uso de cultivares suscetíveis em regiões com temperaturas amenas, variando de 13 a 26°C, e alta umidade. Isso pode provocar reduções de até 100% na produção, principalmente quando sementes contaminadas são usadas para semeadura e ocorrem períodos prolongados de condições favoráveis ao desenvolvimento da doença. Quanto mais precoce o aparecimento da doença na lavoura, maiores os danos. Além de diminuir o rendimento da cultura, a antracnose deprecia

a qualidade do produto em virtude de ocasionar manchas nos grãos, tornando-os inadequados para o consumo.

No Brasil, a doença está disseminada nas mais diversas áreas produtoras e é agravada pelo fato de ser transmitida pela semente. Em geral, os produtores não se preocupam em utilizar sementes saudáveis na semeadura e raramente fazem o controle químico da doença. O método de controle mais eficaz tem sido o emprego de variedades resistentes.

A antracnose afeta plantas de feijão em todos os estágios de crescimento, atacando folhas, caules, ramos, vagens e sementes. Muitas plantas podem ser mortas pela antracnose. Uma importante consequência de infecções não letais é o desenvolvimento de lesões nas vagens, que depreciam o grão para comercialização, podendo ainda causar maiores problemas durante o armazenamento das sementes.

2 SINTOMATOLOGIA

A doença pode afetar toda a parte aérea da planta de feijão. Durante a germinação, sementes infectadas produzem lesões escuras nos cotilédones e no hipocótilo (Foto 11), podendo causar podridão de colo da planta. Em caules mais velhos, as lesões chegam a atingir de 5 a 7mm de comprimento.

As lesões ocorrem com maior frequência nos pecíolos, na superfície inferior das folhas e nas nervuras (Fotos 12 e 13). As lesões características, de coloração marrom-escura ou parda, são observadas ao longo das nervuras da face inferior da folha (Foto 14). A infecção atinge tanto as nervuras principais como as secundárias. Às vezes, as lesões podem ser vistas na face superior das folhas, quando então uma região clorótica se desenvolve ao lado das manchas necróticas e as folhas tendem a se curvar para baixo, em casos de infecção severa. No pecíolo e no caule, as lesões são alongadas e deprimidas.

Nas vagens, as manchas são arredondadas, deprimidas e pardo-escuras, circundadas por bordos salientes pardo-avermelhados (Foto 15). Quando as condições ambientais são favoráveis, forma-se uma massa de esporos de coloração rosada no centro das lesões. Vagens novas chegam a murchar e secar quando a infecção é severa. A partir das vagens, o fungo pode atingir os cotilédones e o tegumento da semente em desenvolvimento. As sementes infectadas apresentam-se frequentemente descoloridas e com lesões na forma de cancrios, ligeiramente deprimidos. A esporulação pode ocorrer em lesões nos pecíolos, nervuras principais e vagens. O centro dessas lesões torna-se descolorido e, durante períodos de baixa temperatura e alta umidade, os conídios são produzidos numa matriz gelatinosa que escurece quando seca.

3 EPIDEMIOLOGIA

O patógeno *C. lindemuthianum* sobrevive de uma estação para outra em restos culturais e pode ser disseminado pela semente e respingos de chuva. Os conídios que atingem a superfície das plantas podem germinar entre 6 e 9 horas em condições ambientais favoráveis, formando de 1 a 4 tubos germinativos e apressório. Este se prende à superfície do hospedeiro pela sua camada gelatinosa. A pressão mecânica exercida pelo apressório faz com que a penetração ocorra pela cutícula e epiderme. Hifas infectivas incham e crescem entre a parede celular e o protoplasto durante um período de 2 a 4 dias, sem causar danos aparentes às células do hospedeiro. Após vários dias, as células da parede são degradadas enzimaticamente, levando ao surgimento de lesões aquosas que escurecem devido à alta concentração de taninos. O micélio se agrega dentro das lesões, formando os acérvulos, que rompem a cutícula do hospedeiro. Os conídios são formados dentro de uma matriz gelatinosa e servem como inóculo para infecções secundárias.

A esporulação e a infecção do hospedeiro são favorecidas por temperaturas entre 13 e 27°C, com o ótimo em 17°C. Para a germinação,

incubação e subsequente germinação de conídios é necessária umidade relativa superior a 92% ou água livre. Temperaturas superiores a 30°C e inferiores a 6°C limitam tanto a infecção quanto o desenvolvimento do fungo. Chuvas moderadas a intervalos frequentes, principalmente se acompanhadas de vento e respingos, são essenciais para a disseminação a curta distância e o desenvolvimento de severas epidemias. A severidade da antracnose da cultura do feijão não aumenta em períodos de molhamento superiores a 24 horas (Figura 1). As épocas de semeaduras mais favoráveis à ocorrência da antracnose são a safra “das águas” e “de inverno”, sendo esses estádios V3 a R8 os mais críticos.

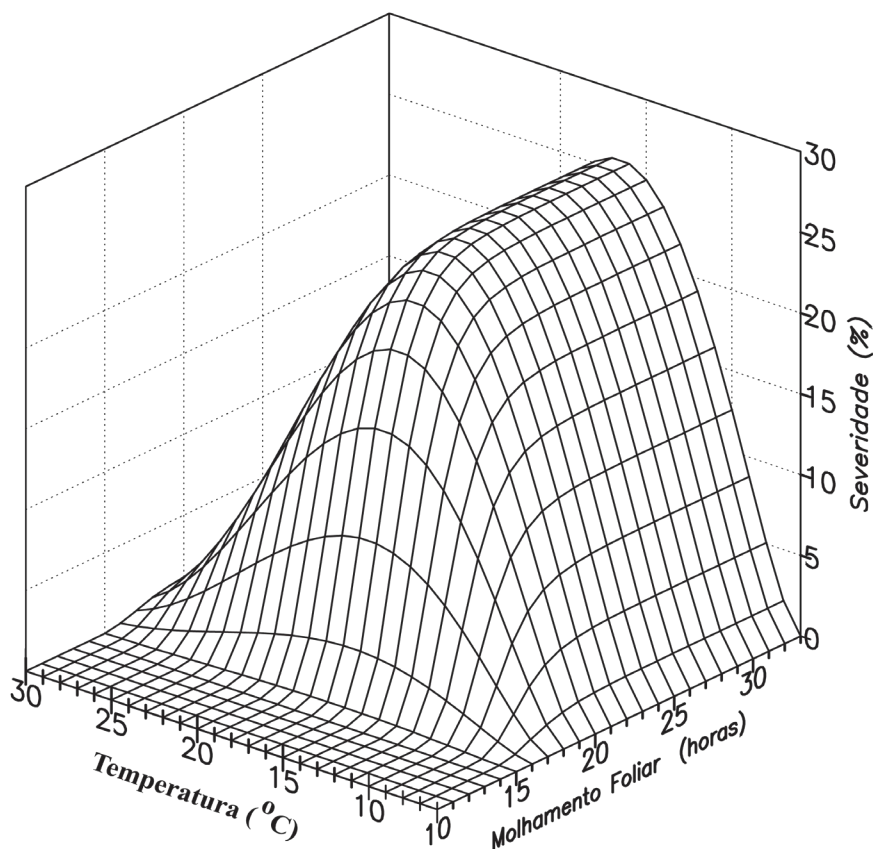


FIGURA 1 – Efeito do período de molhamento e da temperatura na severidade da antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris*).

Fonte: DALLA PRIA (1997).

4 REFERÊNCIAS

- AMADOR, P. A. **Estimativa da duração do período de molhamento por orvalho em feijoeiro, baseada em parâmetros de estações climatológicas padrões**. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1987.
- AMORIM, L. Avaliação de doenças. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. **Manual de fitopatologia: princípios e conceitos**. 2. ed. São Paulo: Ceres, 1995.
- ANDREI, E. **Compêndio de defensivos agrícolas**. 7. ed. São Paulo: Andrei, 2005.
- AVANCES de los programas: Frijol. **CIAT Internacional**, Cali, v. 3, n. 1, p. 10, 1984.
- BASSANEZI, R. B. et al. Efeito da antracnose na eficiência fotossintética do feijoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 4, p. 520-523, 1997.
- BERGAMIN FILHO, A. Curvas de progresso da doença. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. **Manual de fitopatologia: princípios e conceitos**. 2. ed. São Paulo: Ceres, 1995.
- _____.; AMORIM, L. **Doenças de plantas tropicais: epidemiologia e controle econômico**. São Paulo: Ceres, 1996.
- BERGER, R. D. The analysis of the effects of control measures on the development of epidemics. In: KRANZ, J.; ROTEM, J. **Experimental techniques in plant disease epidemiology**. Heidelberg: Springer-Verlag, 1988.
- BERNI, R. F.; PEREIRA FILHO, N. A.; COSTA, J. L. S. Eficiência do tratamento de sementes com fungicidas no controle das podridões radiculares do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, 1998.
- BIANCHINI, A.; MARINGONI, A. C. CARNEIRO, S. M. T. P. G. Doenças do Feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). In: KIMATI, H. et al. **Manual de fitopatologia**. doenças das plantas cultivadas. 4. ed. São Paulo: Ceres, 2005.
- CAMPBELL, C. L.; MADDEN, L. V. **Introduction of plant disease epidemiology**. New York: John Wiley, 1990.

CANTERI, M. G. et al. Epidemiologia de doenças. In: CANTERI, M. G.; DALLA PRIA, M.; SILVA, O. C. (Orgs.). Principais doenças **fúngicas do feijoeiro**: orientações para manejo econômico e ecológico. Ponta Grossa: UEPG, 1999.

CHAVES, G. La anthracnosis. In: SCHWARTZ, H. F.; GÁLVEZ, G. E. **Problemas de producción del frijol**: enfermedades, insectos, limitaciones edáficas y climáticas de *Phaseolus vulgaris*. Cali: CIAT, 1980.

CRISPÍN, M. A.; SIFUENTES, J. A.; AVILA, J. C. **Enfermedades y plagas del frijol en México**. México: INIA, 1976. Folleto de Divulgación, 39.

DALLA PRIA, M. **Quantificação de parâmetros monocíclicos da antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) e da mancha angular (*Phaeoisariopsis griseola*) do feijoeiro**. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1997.

_____.; BERGAMIN FILHO, A.; AMORIM, L. Quantificação dos componentes monocíclicos da antracnose do feijoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 28, p. 401-407, 2003.

_____. et al. Diagnose de doenças. In: CANTERI, M. G.; DALLA PRIA, M.; SILVA, O. C. (Orgs.). Principais doenças **fúngicas do feijoeiro**: orientações para manejo econômico e ecológico. Ponta Grossa: UEPG, 1999.

ECHANDI, E. Principales enfermedades del frijol (*Phaseolus vulgaris*) en los trópicos americanos en diferentes zonas ecológicas. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 1, p. 171-177, 1976.

EL CULTIVO de frijol regressa a las áreas húmedas de Centro América. **CIAT Internacional**, Cali, v. 3, p. 7-8, 1984.

FURLAN, S. H. **Doenças bióticas e abióticas do feijoeiro**: guia de identificação e controle. 2. ed. Campinas: Instituto Biológico, 2007.

HAWKSWORTH, D. L. et al. **Dictionary of the fungi**. 8. ed. Wallingford: CAB International, 1995.

KULIK, M. M. Symptomatology and epidemiology of several green bean diseases incited by seed-borne fungi. **Seed Science and Technology**, v. 12, p. 841-850, 1984.

LASCA, C. C. Estudos sobre a flora fúngica de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **O Biológico**, v. 44, p. 125-134, 1978.

LUZ, E. D. M. N. **Principais enfermidades do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) no estado do Acre. I. Microrregião do Alto Purus**. Rio Branco: EMBRAPA-UEPAE, 1978. Comunicado Técnico, 1.

MOHAN, S. K.; BIANCHINI, A.; MENEZES J. R. **Doenças do feijoeiro no estado do Paraná: guia para identificação e controle**. 3. ed. Londrina: IAPAR, 1989.

MONROE, J. S.; SANTINI, J. B.; LATIN, R. A model defining the relationship between temperature and leaf wetness duration, and infection of watermelon by *Colletotrichum orbiculare*. **Plant Disease**, v. 81, n. 7, p. 739-742, 1997.

MORDUE, J. E. M. *Colletotrichum lindemuthianum*. Kew: Commonwealth Mycological Institute, 1971. Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria, 316.

MULLER, A. S. Doenças do feijão em Minas Gerais. **Boletim de Agricultura, Zootecnia e Veterinária**, Belo Horizonte, v. 7, p. 383-388, 1934.

PASTOR-CORRALES, M. A.; TU, J. C. Anthracnose. In: SCHWARTZ, H. F.; PASTOR-CORRALES, L. A. **Bean production problem in tropics**. Cali: CIAT, 1989.

RAVA, C. A.; PURCHIO, A. F.; SARTORATO, A. Caracterização de patótipos de *Colletotrichum lindemuthianum* que ocorrem em algumas regiões produtoras de feijão comum. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 19, p. 167-172, 1994.

SARTORATO, A.; RAVA, C. A. **Principais doenças do feijoeiro comum e seu controle**. Brasília: EMBRAPA/SPI, 1994.

SCHWARTZ, H. F. Anthracnose. In: HALL, R. **Compendium of bean diseases**. St. Paul: APS, 1994.

_____.; PASTOR-CORRALES, M. A. **Bean production problems in the tropics**. 2. ed. Cali: CIAT, 1989.

STONE, L. F.; SARTORATO, A. **O cultivo do feijão: recomendações técnicas**. Brasília: Embrapa, 1994.

TU, J. C. *Colletotrichum lindemuthianum* on bean: population dynamics of the pathogen and breeding for resistance. In: BAILEY, J. A.; JEGER, M. J. ***Colletotrichum*: biology, pathology and control**. Wallingford: CAB, 1992.

_____. Effect of temperature on incidence and severity of anthracnose on white bean. **Plant Disease**, v. 66, n. 9, p. 781-783, 1982.

_____.; AYLESWORTH, J. W. An effective method of screening white (pea) bean seedlings (*Phaseolus vulgaris* L.) for resistance to *Colletotrichum lindemuthianum*. **Phytopathology Zeitschrift**, v. 99, p. 131-137, 1980.

VANDERPLANK, J. E. **Plant diseases: epidemics and control**. New York: Academic Press, 1963. 349 p.

VIEIRA, C. **Doenças e pragas do feijoeiro**. Viçosa: UFV, 1983.

_____. **O feijoeiro comum: cultura, doenças e melhoramento**. Viçosa: Imprensa Universitária, 1967.

_____. Principais doenças do feijoeiro de inverno. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 17, p. 46-53, 1994.

WALKER, J. C. **Enfermedades de las hortalizas**. Barcelona: Salvat, 1959.

_____. **Plant pathology**. New York: McGraw-Hill, 1969.

ZAMBOLIM, L.; CHAVES, G. M. Doenças do feijoeiro e seu controle. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 4, p. 50-63, 1978.

ZAMBOLIM, L.; CHAVES, G. M.; MARTINS, M. C. P. Aspectos das principais doenças do feijão no estado de Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 8, p. 20-29, 1982.

Mancha-Angular

Maristella Dalla Pria

Olavo Corrêa da Silva

1 INTRODUÇÃO

A mancha-angular da cultura do feijão se distribui amplamente e pode causar sérios danos à cultura. Durante muito tempo, essa doença foi considerada secundária devido a seu aparecimento tardio nas plantações e por se considerar que causava poucos danos à cultura em termos de produção. No entanto, a partir de 1990, no Paraná, passou a ser considerada uma das principais doenças desta Fabaceae, sendo a ela atribuída a perda de muitas lavouras. As razões para essa mudança são ainda desconhecidas. Acredita-se que a utilização de materiais suscetíveis para semeadura aliada a um ambiente favorável tenha proporcionado condições ideais ao seu desenvolvimento. Na ausência de medidas de controle da doença, as perdas podem ser significativas: foram constatados índices de 40% no Paraná e 62% em Goiás.

O agente etiológico da mancha-angular era considerado o fungo *Phaeoisariopsis griseola* Sacc. Ferraris [Sin. *Isariopsis griseola* (Sacc.)] até o ano de 2007, quando então passou a ser denominado *Pseudocercospora griseola* (Sacc.) Crous & Braun. O fungo é capaz de infectar várias culturas, incluindo o feijão-comum, feijão-lima, feijão “scarlet runner”,

feijão “therapy”, “black gram”, ervilha, cowpea, *Vigna angularis* (Willd.) Ohwi & H. Ohashi e *Vigna umbellata*.

A fonte de inóculo primário do patógeno inclui sementes contaminadas e restos de plantas infectadas. Em ambos os casos, os esporos produzidos são disseminados para as folhas pela ação do vento, respingos de chuva, ou ambos.

A infecção e a doença são favorecidas por temperaturas entre 16 e 28°C, o desenvolvimento máximo ocorre entre 20 e 25°C e a infecção é limitada a 6 e 29°C. Importantes também para o desenvolvimento de epidemias são períodos de alta umidade relativa suficientemente longos (24 a 48 horas), alternados com períodos de baixa umidade e ação de ventos.

2 SINTOMATOLOGIA

Os sintomas no campo podem ser observados nas folhas primárias, principalmente logo após o florescimento ou quando as plantas atingem a maturidade. Os danos à cultura são resultantes da desfolha precoce ocasionada pela doença.

A doença ocorre de forma generalizada em folhas, vagens e hastes, sendo mais facilmente identificada nas folhas. Nas folhas primárias, as lesões são geralmente circulares, de cor castanha ou marrom-avermelhada (Foto 16). As lesões surgem na face inferior da folha, são arredondadas e de coloração cinza. Nas folhas trifolioladas, as lesões ocorrem na superfície inferior; são pequenas e angulares, de coloração cinza, delimitadas pelas nervuras (Foto 17). As lesões escurecem com a idade, mas não apresentam bordos de coloração diferente, como se verifica em outras doenças. Com a ocorrência de grande número de lesões, estas coalescem, causando necrose das folhas e desfolha prematura. Em alguns casos, são observadas regiões cloróticas ao redor das lesões. Dependendo da idade das folhas, a presença de um pequeno número de lesões necróticas já resulta em clorose e abscisão prematura das mesmas.

Nos ramos e pecíolos, as lesões são alongadas e escuras. A infecção nas vagens inicialmente forma lesões superficiais com bordos enegrecidos e coloração avermelhada no centro. As manchas variam entre ovadas e circulares, normalmente superficiais e de coloração café-avermelhado, apresentando bordos escuros. No centro das lesões das folhas e vagens formam-se os sinêmios, onde os conídios são produzidos. A infecção nas vagens é menos frequente do que nas folhas. Infecções severas podem ocasionar desfolha, resultando em danos significativos para a cultura. Nas hastes das plantas, as lesões são semelhantes às que ocorrem nas vagens.

As lesões nas vagens se diferenciam das lesões de antracnose por não serem deprimidas e não apresentarem o centro mais claro. Sementes podem ser infectadas principalmente através do hilo. A infecção das sementes reduz a germinação e o desenvolvimento das plântulas. *Pseudocercospora griseola* produz sinêmios e conidióforos escuros sobre as lesões após períodos de 24 a 48 horas de contínua umidade.

3 EPIDEMIOLOGIA

A fonte de inóculo primário do patógeno (*P. griseola*) inclui sementes contaminadas e restos de plantas infectadas. Em ambos os casos, os esporos produzidos são disseminados para as folhas pela ação do vento, respingos de chuva, ou ambos. Os conídios germinam na superfície foliar e as hifas penetram através dos estômatos, crescendo entre as células do parênquima foliar. Nove dias após a infecção, o patógeno coloniza extensivamente o parênquima foliar, formando lesões necróticas. O desenvolvimento de estroma nas cavidades subestomáticas ocorre após um período de 9 a 12 dias. A esporulação ocorre em condições de alta umidade. Os esporos, após disseminação, são responsáveis pelo desenvolvimento do ciclo secundário da doença. A infecção e a doença são favorecidas por temperaturas entre 20 e 25°C, o desenvolvimento máximo ocorre a 24°C e a infecção é limitada a 6 e 29°C. Importantes também para o

desenvolvimento de epidemias são os períodos de alta umidade relativa suficientemente longos (24 a 48 horas), alternados com períodos de baixa umidade e ação de ventos. Além desses fatores, o desenvolvimento de epidemias é influenciado pelo sistema de cultivo. Plantas inoculadas mantidas em câmara úmida por no mínimo três horas tornam-se infectadas. No entanto, o aumento na duração do período de câmara úmida para 24 horas acarreta um aumento médio de 20 vezes o número de lesões por planta. À medida que aumenta a duração do período de molhamento foliar, aumenta também a severidade da mancha-angular (Figura 1).

As sementes podem apresentar contaminação externa ou interna. Contaminações externas em sementes de “red kidney” estão associadas ao desenvolvimento do fungo apenas na região do hilo, logo abaixo das lesões das vagens. Em outros tipos de feijões, o desenvolvimento do patógeno pode ser tanto no hilo como em outras regiões. O nível de infecção de *P. griseola* nas sementes varia entre as cultivares e a sua viabilidade diminui com o tempo.

A época de semeadura mais crítica é a safra “das secas”, sendo os estádios R5 a R8 os mais críticos da cultura.

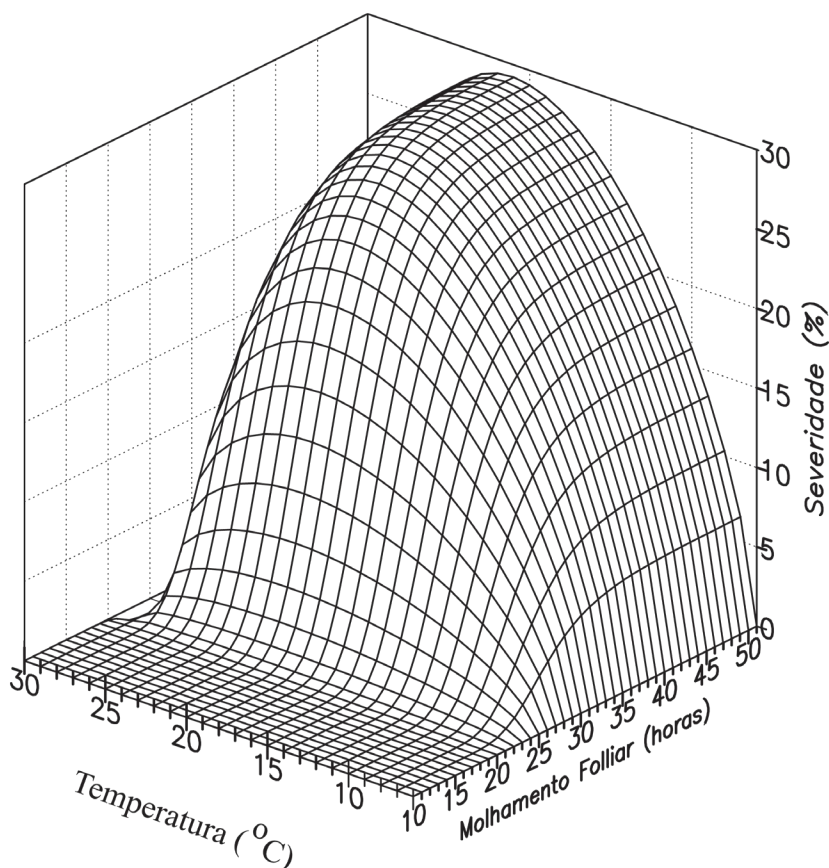


FIGURA 1 – Severidade da mancha-angular (*Pseudocercospora griseola*) da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris*) em função do período de molhamento e da temperatura.

Fonte: DALLA PRIA (1997).

4 REFERÊNCIAS

AMADOR, P. A. **Estimativa da duração do período de molhamento por orvalho em feijoeiro, baseada em parâmetros de estações climatológicas padrões.** Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1987.

AMORIM, L. Avaliação de doenças. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. **Manual de Fitopatologia: princípios e conceitos.** 2. ed. São Paulo: Ceres, 1995.

ANDREI, E. **Compêndio de defensivos agrícolas**. 7. ed. São Paulo: Andrei, 2005.

AVANCES de los programas: Frijol. **CIAT Internacional**, Cali, v. 3, n. 1, p. 10, 1984.

AZEVEDO, L. A. S. Tratamento de sementes com fungicidas, visando controle de patógenos da parte aérea. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PATOLOGIA DE SEMENTES, 4., 1996, Gramado. **Resumos...** Gramado, 1996. p. 83-89.

BASSANEZI, R. B. **Interações entre o mosaico-em-desenho do feijoeiro e de duas doenças fúngicas, ferrugem e mancha angular, em plantas de feijoeiro**. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade São Paulo, Piracicaba, 1995.

BERGAMIN FILHO, A. Curvas de progresso da doença. In: _____.; KIMATI, H.; AMORIM, L. **Manual de Fitopatologia: princípios e conceitos**. 2. ed. São Paulo: Ceres, 1995.

_____.; AMORIM, L. **Doenças de plantas tropicais: epidemiologia e controle econômico**. São Paulo: Ceres, 1996.

_____. et al. Angular leaf spot of *Phaseolus* beans: relationships between disease, healthy leaf area, and yield. **Phytopathology**, Palo Alto, v. 87, p. 506-515, 1997.

BERGER, R. Comparison of the Gompertz and logistic equations to describe plant disease progress. **Phytopathology**, Palo Alto, v. 71, p. 716-719, 1981.

BERGER, R. D. The analysis of the effects of control measures on the development of epidemics. In: KRANZ, J.; ROTEM, J. **Experimental techniques in plant disease epidemiology**. Heidelberg: Springer-Verlag, 1988.

BERNI, R. F.; PEREIRA FILHO, N. A.; COSTA, J. L. S. Eficiência do tratamento de sementes com fungicidas no controle das podridões radiculares do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, 1998.

BIANCHINI, A.; MARINGONI, A. C.; CARNEIRO, S. M. T. P. G. Doenças do Feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). In: KIMATI, H. et al. **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. 4. ed. São Paulo: Ceres, 2005.

BIANCHINI, A.; MENEZES, J. R.; MARIGONI, A. C. Doenças e seu controle. In: IAPAR (Ed.). **O feijão no Paraná**. Londrina: IAPAR, 1989.

CAMPBELL, C. L.; MADDEN, L. V. **Introduction of plant disease epidemiology**. New York: John Wiley, 1990.

CAMPOS, I. S.; GOMES, T. C. A.; PAZ, F. C. A. **Plantio direto do feijão na palha do arroz**: alternativa para controle da mela do feijoeiro. Rio Branco: EMBRAPA-UEPAE, 1990. Comunicado Técnico, 54.

CANTERI, M. G. **Uso de medidas da área foliar sadia e refletância no manejo da mancha angular do feijoeiro**. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.

_____. et al. Efeito curativo de fungicidas no controle da antracnose e da mancha angular do feijoeiro em câmara de crescimento. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 4, p. 471-473, 1998.

_____. et al. Epidemiologia de doenças. In: CANTERI, M. G.; DALLA PRIA, M.; SILVA, O. C. (Orgs.). **Principais doenças fúngicas do feijoeiro**: orientações para manejo econômico e ecológico. Ponta Grossa: UEPG, 1999.

CARDONA-ALVAREZ, C.; WALKER, J. C. Angular leaf spot of bean. **Phytopathology**, Palo Alto, v. 46, p. 610-615, 1956.

CRISPÍN, M. A.; SIFUENTES, J. A.; AVILA, J. C. **Enfermedades y plagas del frijol en México**. México: INIA, 1976. Folleto de Divulgación, 39.

CROUS, P. W. et al. Re-evaluating the taxonomic status of *Phaeoisariopsis griseola*, the causal agent of leaf spot of bean. **Studies in Mycology**, v. 55, p. 163-173, 2006.

DALLA PRIA, M. **Quantificação de parâmetros monocíclicos da antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) e da mancha angular (*Phaeoisariopsis griseola*) do feijoeiro**. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1997.

_____. et al. Diagnose de doenças. In: CANTERI, M. G.; DALLA PRIA, M.; SILVA, O. C. (Orgs.). **Principais doenças fúngicas do feijoeiro**: orientações para manejo econômico e ecológico. Ponta Grossa: UEPG, 1999.

_____.; BERGAMIN FILHO, A.; AMORIM, L. Quantificação dos componentes monocíclicos da mancha angular do feijoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília v. 28, p. 394-400, 2003.

ECHANDI, E. Principales enfermedades del frijol (*Phaseolus vulgaris*) en los trópicos americanos en diferentes zonas ecológicas. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 1, p. 171-177, 1976.

EL CULTIVO de frijol regressa a las áreas húmedas de Centro América. **CIAT Internacional**, Cali, v. 3, p. 7-8, 1984.

FURLAN, S. H. **Doenças bióticas e abióticas do feijoeiro**: guia de identificação e controle. 2. ed. Campinas: Instituto Biológico, 2007.

GODOY, C. V. **Danos causados pela mancha angular em feijoeiro, no município de Piracicaba**. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo Piracicaba, 1995.

HAWKSWORTH, D. L. et al. **Dictionary of the fungi**. 8. ed. Wallingford: CAB International, 1995.

KULIK, M. M. Symptomatology and epidemiology of several green bean diseases incited by seed-borne fungi. **Seed Science and Technology**, v. 12, p. 841-850, 1984.

LUZ, E. D. M. N. **Principais enfermidades do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) no estado do Acre. I. Micro região do Alto Purus**. Rio Branco: EMBRAPA-UEPAE, 1978. Comunicado Técnico, 1.

MACHADO, J. C. **Patologia de sementes**: fundamentos e aplicações. Brasília: MEC/ESAL/FAEPE, 1988.

MENEZES, J. R. **Controle integrado de *Phaeoisariopsis griseola* (Sacc.) Ferr. em *Phaseolus vulgaris* L. irrigado por pivô central**. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1996.

MOHAN, S. K.; BIANCHINI, A.; MENEZES J. R. **Doenças do feijoeiro no estado do Paraná**: guia para identificação e controle. 3. ed. Londrina: IAPAR, 1989.

MULLER, A. S. Doenças do feijão em Minas Gerais. **Boletim de Agricultura, Zootecnia e Veterinária**, Belo Horizonte, v. 7, p. 383-388, 1934.

PEREIRA, O. L. *Pseudocercospora griseola* (Sacc.) Crous & Braun: novo nome para o agente causal da mancha angular do feijoeiro. **Notícias Fitopatológicas**, Brasília, n. 31, jun. 2007.

PYNDJI, M. M.; TRUTMANN, P. Managing angular leaf spot on common bean in Africa by supplementing farmer mixtures with resistant varieties. **Plant Disease**, v. 76, n. 11, p. 1144-1147, 1992.

SAETTLER, A. W. Angular leaf spot. In: HALL, R. **Compendium of bean diseases**. St. Paul: APS Press, 1994.

SARTORATO, A.; RAVA, C. A. **Principais doenças do feijoeiro comum e seu controle**. Brasília: EMBRAPA/SPI, 1994.

SCHWARTZ, H. F.; PASTOR-CORRALES, M. A. **Bean production problems in the tropics**. 2. ed. Cali: CIAT, 1989.

STONE, L. F.; SARTORATO, A. **O cultivo do feijão: recomendações técnicas**. Brasília: Embrapa, 1994.

VALARINI, P. J.; SPADOTTO, C. A. Identificação de nichos de sobrevivência de fitopatógenos em áreas irrigadas de Guaíra, SP. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 30, n. 10, p. 1239-1243, 1995.

VANDERPLANK, J. E. **Plant diseases: epidemics and control**. New York: Academic Press, 1963.

VIEIRA, C. **O feijoeiro comum: cultura, doenças e melhoramento**. Viçosa: Imprensa Universitária, 1967.

_____. **Doenças e pragas do feijoeiro**. Viçosa: UFV, 1983.

_____. Principais doenças do feijoeiro de inverno. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 17, p. 46-53, 1994.

WALKER, J. C. **Enfermedades de las hortalizas**. Barcelona: Salvat, 1959.

_____. **Plant pathology**. New York: McGraw-Hill, 1969.

ZAMBOLIM, L.; CHAVES, G. M. Doenças do feijoeiro e seu controle. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 4, p. 50-63, 1978.

ZAMBOLIM, L.; CHAVES, G. M.; MARTINS, M. C. P. Aspectos das principais doenças do feijão no estado de Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 8, p. 20-29, 1982.

Ferrugem

Maristella Dalla Pria

Olavo Corrêa da Silva

1 INTRODUÇÃO

Quanto mais cedo a ferrugem da cultura do feijão (*Uromyces appendiculatus* (Pers.) Unger) ocorre no ciclo da cultura, tanto mais severos são os danos. Doença de ampla distribuição, a ferrugem é mais comum em regiões tropicais úmidas e subtropicais. Epidemias severas são favorecidas pela ocorrência regular de orvalho e temperaturas moderadas. Os maiores prejuízos ocorrem na safra “de inverno” quando as plantas são infectadas durante a floração e enchimento de vagens, período que varia entre 30 e 50 dias, podendo ocasionar decréscimo na produtividade em torno de 35 a 53%.

2 SINTOMATOLOGIA

Os sintomas podem ocorrer nas vagens e hastes, mas predominam nas folhas. Inicialmente são visíveis pequenas pontuações esbranquiçadas e levemente salientes. Essas pontuações aumentam ligeiramente em diâmetro e tornam-se amarelas. As lesões se rompem, formando pústulas pardo-avermelhadas. As pústulas, por sua vez, atingem de 1 a 2

mm de diâmetro, com abundante produção de uredósporos, comumente circundados por halo clorótico (Foto 18). Folhas com ataque severo tornam-se amareladas, secam e caem.

Os uredósporos são disseminados pelo homem, por implementos, animais e principalmente pelo vento. Podem sobreviver entre as estações de cultivo, iniciando nova epidemia quando as condições são favoráveis. O patógeno também pode infectar outras espécies de *Phaseolus* e *Vigna*. O fungo apresenta grande número de raças fisiológicas; mais de 200 já foram identificadas em todo o mundo. Os uredósporos germinam na superfície foliar e as hifas penetram através dos estômatos, crescendo entre as células do parênquima foliar. Nove dias após a infecção, o patógeno coloniza extensivamente o parênquima, formando lesões necróticas. O desenvolvimento de estroma nas cavidades subestomáticas ocorre após um período de 9 a 12 dias, e a esporulação ocorre em condições de alta umidade. Os esporos, após disseminação, são responsáveis pelo desenvolvimento do ciclo secundário da doença. A infecção e a doença são favorecidas por temperaturas entre 16 e 28°C, o desenvolvimento máximo ocorre a 24°C e a infecção é limitada a 32°C (Figura 1). Importantes também para o desenvolvimento de epidemias são períodos de alta umidade relativa suficientemente longos (24 a 48 horas), alternados com períodos de baixa umidade e ação de ventos. Além desses fatores, o desenvolvimento de epidemias é influenciado pelo sistema de cultivo. Plantas inoculadas mantidas em câmara úmida por no mínimo três horas tornam-se infectadas. No entanto, um aumento na duração do período de câmara úmida para 24 horas acarreta um aumento médio de 20 vezes o número de lesões por planta.

3 EPIDEMIOLOGIA

Os uredósporos são disseminados pelo vento, pelo homem, por insetos e implementos agrícolas, etc. Em condições climáticas favoráveis, eles germinam, e o tubo germinativo, quando em contato com as células estomáticas, forma o apressório e a hifa de infecção. A penetração celular ocorre atra-

vés do haustório, após a adesão da célula-mãe do mesmo à célula vegetal. O micélio intercelular, adjacente às células vegetais, não tem efeito sobre o hospedeiro. Os uredósporos germinam num período de 6 a 8 horas em temperaturas entre 16 e 25°C. Condições ideais para a infecção são temperaturas entre 17 e 27°C e umidade relativa maior que 95% por 10 a 18 horas. Gerações repetidas de uredósporos ocorrem na maioria das estações de crescimento. A ferrugem da cultura do feijão apresenta padrão de esporulação do tipo intermitente, com vários picos durante o período infeccioso. Carregados por correntes de ventos, os esporos podem ser transportados a longas distâncias. Os uredósporos podem sobreviver entre as estações de cultivo e iniciar nova epidemia quando as condições ambientais são favoráveis. Pode ocorrer a formação de teliósporos no final da estação de cultivo, em resposta a estímulos de temperatura, luz e umidade.

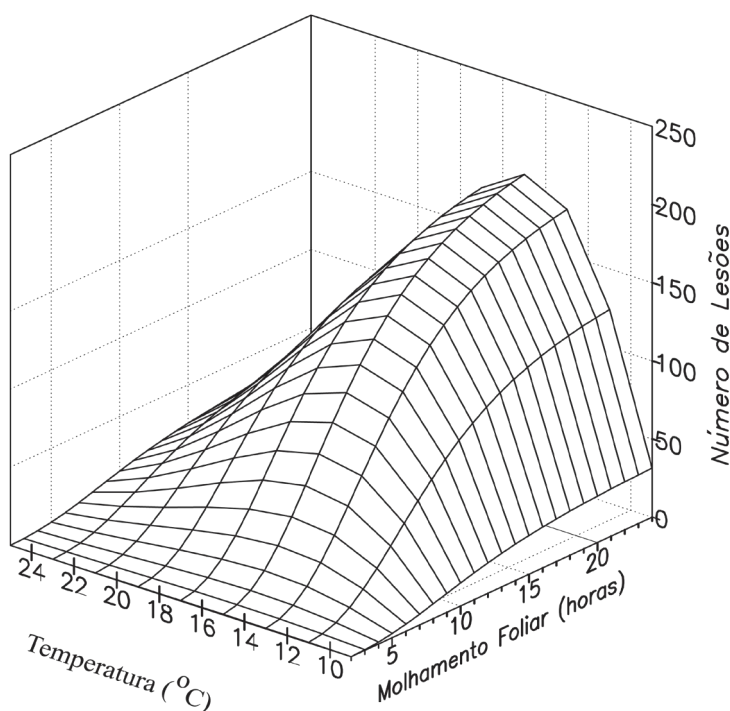


FIGURA 1 – Severidade da ferrugem (*Uromyces appendiculatus*) da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris*) em função do período de molhamento e da temperatura.

Fonte: BACCHI (1993).

4 REFERÊNCIAS

AMADOR, P. A. **Estimativa da duração do período de molhamento por orvalho em feijoeiro, baseada em parâmetros de estações climatológicas padrões**. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1987.

AMORIM, L. Avaliação de doenças. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. **Manual de fitopatologia: princípios e conceitos**. 2. ed. São Paulo: Ceres, 1995.

ANDREI, E. **Compêndio de defensivos agrícolas**. 7. ed. São Paulo: Andrei, 2005.

AVANCES de los programas: Frijol. **CIAT Internacional**, Cali, v. 3, n. 1, p. 10, 1984.

BACCHI, L. M. A. **Quantificação de parâmetros monocíclicos relacionada a epidemias no sistema *Uromyces appendiculatus* feijoeiro**. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1993.

BASSANEZI, R. B. **Interações entre o mosaico-em-desenho do feijoeiro e de duas doenças fúngicas, ferrugem e mancha angular, em plantas de feijoeiro**. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade São Paulo, Piracicaba, 1995.

BERGAMIN FILHO, A. Curvas de progresso da doença. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. **Manual de fitopatologia: princípios e conceitos**. 2. ed. São Paulo: Ceres, 1995.

_____.; AMORIM, L. **Doenças de plantas tropicais: epidemiologia e controle econômico**. São Paulo: Ceres, 1996.

BERGER, R. Comparison of the Gompertz and logistic equations to describe plant disease progress. **Phytopathology**, Palo Alto, v. 71, p. 716-719, 1981.

_____. et al. A simulation model to describe epidemics of rust of *Phaseolus* beans I. Development of the model and sensitivity analysis. **Phytopathology**, Palo Alto, v. 85, n. 6, p. 715-721, 1995.

BERGER, R. D. The analysis of the effects of control measures on the development of epidemics. In: KRANZ, J.; ROTEM, J. **Experimental techniques in plant disease epidemiology**. Heidelberg: Springer-Verlag, 1988.

BIANCHINI, A.; MARINGONI, A. C.; CARNEIRO, S. M. T. P. G. Doenças do Feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). In: KIMATI, H. et al. **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. 4. ed. São Paulo: Ceres, 2005.

BIANCHINI, A.; MENEZES, J. R.; MARIGONI, A. C. Doenças e seu controle. In: IAPAR. **O feijão no Paraná**. Londrina: IAPAR, 1989.

CAMPBELL, C. L.; MADDEN, L. V. **Introduction of plant disease epidemiology**. New York: John Wiley, 1990.

CAMPOS, I. S.; GOMES, T. C. A.; PAZ, F. C. A. **Plantio direto do feijão na palha do arroz: alternativa para controle da mela do feijoeiro**. Rio Branco: EMBRAPA-UEPAE, 1990. Comunicado Técnico, 54.

CANTERI, M. G. et al. Epidemiologia de doenças. In: CANTERI, M. G.; DALLA PRIA, M.; SILVA, O. C. (Orgs.). **Principais doenças fúngicas do feijoeiro: orientações para manejo econômico e ecológico**. Ponta Grossa: UEPG, 1999.

_____. **Verificação, validação e análise de sensibilidade de um modelo de simulação de epidemias para a ferrugem do feijoeiro**. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1993.

CARDOSO, J. E. Mofo Branco. In: **Principais doenças do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: POTAFÓS, 1994.

CHAVES, G. La anthracnosis. In: SCHWARTZ, H. F.; GÁLVEZ, G. E. **Problemas de producción del frijol: enfermedades, insectos, limitaciones edáficas y climáticas de Phaseolus vulgaris**. Cali: CIAT, 1980.

CRISPÍN, M. A.; SIFUENTES, J. A.; AVILA, J. C. **Enfermedades y plagas del frijol en México**. México: INIA, 1976. Folleto de Divulgación, 39.

DALLA PRIA, M. et al. Diagnose de doenças. In: CANTERI, M. G.; DALLA PRIA, M.; SILVA, O. C. (Orgs.). **Principais doenças fúngicas do feijoeiro: orientações para manejo econômico e ecológico**. Ponta Grossa: UEPG, 1999.

ECHANDI, E. Principales enfermedades del frijol (*Phaseolus vulgaris*) en los trópicos americanos en diferentes zonas ecológicas. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 1, p. 171-177, 1976.

EL CULTIVO de frijol regressa a las áreas húmedas de Centro América. **CIAT Internacional**, Cali, v. 3, p. 7-8, 1984.

FURLAN, S. H. **Doenças bióticas e abióticas do feijoeiro**: guia de identificação e controle. 2. ed. Campinas: Instituto Biológico, 2007.

HAWKSWORTH, D. L. et al. **Dictionary of the fungi**. 8. ed. Wallingford: CAB International, 1995.

IAMAUTI, M. T. **Avaliação de danos causados por *Uromyces appendiculatus* no feijoeiro**. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1995

IMHOFF, M. W.; MAIN, C. E.; LEONARD, K. J. Effect of temperature, dew period, and age of leaves, spores and sources pustules on germination of bean rust urediospores. **Phytopathology**, Palo Alto, v. 71, p. 577-583, 1981.

IMHOFF, M. W.; MAIN, C. E.; LEONARD, K. J. Patterns of bean rust lesion size increase and spore production. **Phytopathology**, Palo Alto, v. 72, p. 441-446, 1982.

MENDES, B. M. J. **Influência de parâmetros de clima e do hospedeiro no desenvolvimento da ferrugem do feijoeiro (*Uromyces phaseoli* var. *typica* Arth.)**. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1987.

_____.; BERGAMIN FILHO, A. Adaptação da técnica de cultura de folha destacada para a quantificação dos parâmetros epidemiológicos monocíclicos da ferrugem do feijoeiro (*Uromyces phaseoli* var *typica*). **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 11, p. 103-114, 1986.

MOHAN, S. K.; BIANCHINI, A.; MENEZES J. R. **Doenças do feijoeiro no estado do Paraná**: guia para identificação e controle. 3. ed. Londrina: IAPAR, 1989.

SAETTLER, A. W. Angular leafspot. In: HALL, R. **Compendium of bean diseases**. St. Paul: APS Press, 1994.

SARTORATO, A.; RAVA, C. A. **Principais doenças do feijoeiro comum e seu controle**. Brasília: EMBRAPA/SPI, 1994.

SCHWARTZ, H. F. Anthracnose. In: HALL, R. **Compendium of bean diseases**. St. Paul: APS, 1994.

_____.; PASTOR-CORRALES, M. A. **Bean production problems in the tropics**. 2. ed. Cali: CIAT, 1989.

STONE, L. F.; SARTORATO, A. **O cultivo do feijão**: recomendações técnicas. Brasília: Embrapa, 1994.

VALARINI, P. J.; SPADOTTO, C. A. Identificação de nichos de sobrevivência de fitopatógenos em áreas irrigadas de Guaíra, SP. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 30, n. 10, p. 1239-1243, 1995.

VANDERPLANK, J. E. **Plant diseases**: epidemics and control. New York: Academic Press, 1963.

VIEIRA, C. **O feijoeiro comum**: cultura, doenças e melhoramento. Viçosa: Imprensa Universitária, 1967.

_____. **Doenças e pragas do feijoeiro**. Viçosa: UFV, 1983.

_____. Principais doenças do feijoeiro de inverno. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 17, p. 46-53, 1994.

WALKER, J. C. **Enfermedades de las hortalizas**. Barcelona: Salvat, 1959.

_____. **Plant pathology**. New York: Mcgraw-Hill, 1969.

ZAMBOLIM, L.; CHAVES, G. M. Doenças do feijoeiro e seu controle. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 4, p. 50-63, 1978.

ZAMBOLIM, L.; CHAVES, G. M.; MARTINS, M. C. P. Aspectos das principais doenças do feijão no estado de Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 8, p. 20-29, 1982.

Ferrugem Asiática da Soja na Cultura do Feijão

David Souza Jaccoud Filho

Fabício Bona Passini

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor e consumidor mundial de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). Entretanto, a produção interna é insuficiente para suprir a demanda de consumo da população, havendo assim a necessidade de realizar importação de alguns países, especialmente da Argentina, Bolívia e China. O feijão para o Brasil apresenta importância estratégica como fonte de proteína barata para a alimentação da maioria da população.

De modo geral, os níveis de produtividade da cultura no país ainda são muito baixos (730 Kg/ha), encontrando-se muito aquém das ótimas estimativas do potencial produtivo, que poderiam chegar até 6.000 Kg/ha com a utilização de cultivares mais adequadas, irrigação e o manejo correto das lavouras. Inúmeros fatores adversos têm colaborado para o baixo rendimento da cultura no Brasil, dentre os quais se destacam as doenças incitadas por fungos, bactérias, vírus e nematóides. A ocorrência de doenças tem causado perdas substanciais à cultura, especialmente devido às condições climáticas favoráveis e ao cultivo intensivo do feijão em algumas regiões, quando o preço está em alta.

As doenças fúngicas numa lavoura de feijão podem ocasionar perdas significativas. Dentre essas, podemos ressaltar a “antracnose” incitada por *Colletotrichum lindemulthianum* (Sacc. & Magn.) Br. & Cav., [redução de rendimento de até 100%]; a “mancha-angular” por *Pseudocercospora griseola* (Sacc.) Crous & Braun [redução de até 90%]; “ferrugem” por *Uromyces appendiculatus* (Pers.) Unger [redução de até 70%]; “mofo-branco” por *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary [redução de até 50%]; e “mela” por *Thanatephorus cucumeris* (Frank) Donk [redução de até 100%]. Outras doenças também conhecidas como “Oídio” e as doenças ocasionadas por fungos de solo, como a “murcha-de-fusarium” (*Fusarium oxysporum* Schlecht. f. sp. *phaseoli* Kendrick & Snyder) e a “podridão-radicular-seca”, incitada por *Fusarium solani* (Mart.) Sacc. f. sp. *phaseoli* (Burk.) Snyder & Hansen, podem ocasionar também perdas significativas às lavouras.

A ocorrência natural de infecção do agente da ferrugem asiática da soja (*Phakopsora pachyrhizi* Sydow & P. Sydow) em lavouras comerciais de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) no Brasil foi reportada no estado do Paraná na safra 2003/2004 por Jaccoud Filho et al. (2005). Diversos trabalhos de diagnose morfológica e molecular do agente etiológico, bem como estudos da epidemiologia, do manejo e controle da doença na cultura do feijão, têm sido realizados.

2 CARACTERIZAÇÃO DO AGENTE DA FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA (*PHAKOPSORA PACHYRHIZI*) INFECTANDO A CULTURA DO FEIJÃO (*PHASEOLUS VULGARIS*)

A ferrugem asiática da soja no Brasil, incitada pelo fungo *P. pachyrhizi*, encontra-se disseminada em praticamente todas as regiões produtoras. As perdas acumuladas pela doença desde a safra 2000 a 2007, segundo dados do Consórcio Antiferrugem, foram superiores aos US\$ 5 bilhões.

Pelo fato de *P. pachyrhizi* ser um parasita obrigatório, necessita de plantas de soja ou de outros hospedeiros vivos para sua sobrevivência e multiplicação. A presença de hospedeiros alternativos é crucial para o desenvolvimento e proliferação dessa espécie em áreas agrícolas, funcionando como “ponte verde” entre as estações normais de cultivo da soja. Dentre os inúmeros hospedeiros alternativos para o agente da ferrugem asiática da soja, o feijão é incluído como um dos mais importantes. De norte a sul do Brasil, junto às lavouras de soja ou próximo a elas, são também cultivadas diversas espécies de *Phaseolus*, potenciais hospedeiros para o agente etiológico da ferrugem asiática da soja.

Para o desenvolvimento da ferrugem asiática, as condições climáticas favoráveis são temperaturas na faixa dos 15 aos 28°C e ambientes com períodos prolongados de orvalho (mínimo de seis horas seguidas de molhamento foliar), com umidade relativa superior aos 75%. Resultados experimentais concluíram que o efeito da temperatura sobre o número médio de lesões de *P. pachyrhizi* por centímetro quadrado de área foliar de soja variou em função do período de duração do molhamento na superfície foliar, e que isso constitui um importante fator para a germinação dos uredíniosporos, formação do apressório e penetração do fungo na superfície foliar da soja, o que poderia ser extrapolado para a doença na cultura do feijão.

Em levantamentos de campo realizados em lavouras de feijão na região dos Campos Gerais do Paraná, na safra 2004/2005, observou-se que plantas de feijão dos tipos preto e carioca, entre os estádios fenológicos R7, “Formação de vagem”, e R8, “Enchimento de vagens”, apresentavam pequenas lesões de coloração marrom-claras a marrom-escuras, limitadas pelas nervuras, que se iniciavam nas folhas baixas e, posteriormente, evoluíam para as folhas medianas e superiores. Esses sintomas podem ser mais facilmente observados colocando-se as folhas em contraste com um fundo mais claro, como o céu. Com a evolução dos sintomas, as lesões coalescem, evoluem de tamanho, mas continuam limitadas

pelas nervuras foliares. Os sintomas iniciais dessa doença assemelham-se em muito aos ocasionados pela mancha-angular. Entretanto, naquela não se observa a presença de estruturas características deste patógeno, tais como os sinêmios (feixes de conidióforos com conídios), característicos de *P. griseola*, agente etiológico da mancha-angular da cultura do feijão. Em algumas das plantas, as folhas tornavam-se cloróticas e secas com a evolução dos sintomas, tendo-se como consequência a queda prematura das mesmas (Foto 19).

A diagnose do fungo *P. pachyrhizi* em folhas de feijão com suspeitas de infecção é a mesma realizada para a doença na soja. As folhas suspeitas devem ser incubadas em um saco plástico com papel umedecido por um período de 12 a 24 horas. Caso estejam infectadas, poderemos observar nos locais das lesões, mais especificamente nas uredínias na face inferior das folhas, uma intensa esporulação de coloração branca a creme, ocasionada pela liberação de uredíniosporos semelhantes a “grãos de açúcar cristal”. Os uredíniosporos de *P. pachyrhizi* que infectam o feijão apresentam as mesmas características desse fungo que infecta a soja, conforme já descrito na literatura por diversos autores.

A sintomatologia do fungo *P. pachyrhizi*, agente da “ferrugem asiática da soja” em plantas de feijão, difere substancialmente do ocasionado pelo fungo *Uromyces appendiculatus*, agente da “ferrugem do feijão”, conforme as características descritas anteriormente (Fotos 20 e 21).

As uredínias de *U. appendiculatus*, presentes na face inferior e superior das folhas de feijão, são maiores, de coloração marrom mais escuro e com aspecto aveludado quando comparadas às de *P. Pachyrhizi* (Foto 22). Os uredíniosporos são unicelulares, com 20-33 x 18-29 µm, globosos a ligeiramente elipsóides, com coloração marrom-claro a marrom-escuro e tipicamente equinulados. (Foto 23). As uredínias de *P. pachyrhizi* produzidas durante infecção em plantas de feijão, que encontram-se na face inferior das folhas, são menores, de aspecto menos globoso, com formato mais cônicos quando comparadas com as produzidas

pela infecção por *U. appendiculatus* (Foto 22). Os uredíniosporos de *P. pachyrhizi* são unicelulares, elipsóides a arredondados com 12-24 x 16-31µm, pouco pigmentados a hialinos e ligeiramente equinulados quando comparados aos de *U. appendiculatus* (Foto 24). Exames das estruturas morfológicas de isolados de *P. pachyrhizi* que infectavam soja e feijão não mostraram diferenças.

Em testes de patogenicidade realizados com suspensão de uredíniosporos de *P. pachyrhizi* coletados de folhas de feijão, estes mostraram-se patogênicos quando inoculados em plantas de feijão e soja, reproduzindo os sintomas característicos da ferrugem asiática quando ocorre naturalmente na soja. Em plantas de feijão naturalmente infectadas por *P. pachyrhizi* da soja sob condições de campo também pudemos observar a infecção concomitante por *U. appendiculatus*. A condução de pesquisas visando ao desenvolvimento de técnicas rápidas de identificação e caracterização molecular de *P. pachyrhizi* e *Phakopsora meibomia* em plantas da família Fabaceae, dentre elas o feijão, foi bem-sucedida.

Tendo em vista que, até o momento, não se tem disponível no mercado cultivares de soja resistentes a *P. pachyrhizi*, o manejo de controle da doença mais utilizado tem sido a pulverização das lavouras com os fungicidas referendados pela Comissão de Pesquisa de Soja, concomitantemente à análise dos dados levantados pelos sistemas de monitoramento da doença nas áreas de cultivo. Na soja, a utilização de fungicidas para pulverização foliar representa uma importante estratégia para se reduzir a disseminação do patógeno dentro da lavoura e de outras áreas próximas, considerando que umas das principais formas de disseminação da doença é o vento. Essa estratégia, aliada às outras disponíveis, tais como épocas de semeaduras, utilização de cultivares mais precoces, lavouras com níveis de fertilização adequados, eliminação de possíveis hospedeiros alternativos, etc., tem possibilitado um manejo adequado da ferrugem com redução das perdas.

3 RISCOS DA OCORRÊNCIA DE *PHAKOPSORA PACHYRHIZI* PARA A CULTURA DO FEIJÃO

A ocorrência de *P. pachyrhizi* em plantas de soja voluntárias e em diversas outras espécies de plantas cultivadas e daninhas tem sido reportada já há algum tempo no exterior e no Brasil. Esse fato permite a sobrevivência do agente da ferrugem na entressafra, bem como a potencialização do inóculo para novas infecções. Dentre essas, há citações da ocorrência do fungo em *Canavalla villosa*, *Centrosema pubescens*, *Crotalaria stricta*, *Dolichos lablab*, *Phaseolus coccineus*, *Phaseolus lathyroides*, *Phaseolus longepedunculatus*, *Phaseolus macrolepis*, *P. lunatus*, *P. vulgaris*, *Teramnus uncinatus*, *Vigna lutea*, *Vigna mungo*, *Vigna unguiculata* e em muitas outras plantas hospedeiras alternativas. Na África do Sul, pesquisadores relataram a ocorrência de *P. pachyrhizi* em áreas de feijão (*P. vulgaris*) que cresciam próximas a áreas experimentais de soja infectadas por ferrugem. Igualmente, pesquisadores norte-americanos demonstram preocupação com o risco potencial da infecção de lavouras comerciais de feijão por *P. pachyrhizi* disseminados das áreas de soja, onde a doença já foi constatada.

No Brasil, levantamentos pioneiros realizados no final da década de 1970 pelo Dr. Josue A. Deslandes a respeito da ocorrência de *P. pachyrhizi* em soja e em outras leguminosas no Estado de Minas Gerais revelaram a incidência do fungo em *Dolichos lablab*, *P. lunatus*, *Phaseolus bracteolatus*, *P. vulgaris*, *Macrothillium lathyroides*, *Vigna sinensis*, *Desmodium* sp. e em *Glycine wightii*. Diversos pesquisadores têm reportado a ocorrência de *P. pachyrhizi* em Kudzu (*Pueraria lobata*) e em muitas plantas daninhas próximas a áreas de cultivo de soja.

Tendo em vista os grandes prejuízos que o fungo *P. pachyrhizi* vem causando à cultura da soja no Brasil (acumulados em mais de US\$ 5 bilhões) desde o seu aparecimento em caráter epidêmico na safra 2000, bem como as grandes extensões das áreas de cultivo da soja e do feijão,

seria prudente que nas diversas áreas de produção de feijão se tivesse um maior cuidado no monitoramento das doenças, fazendo-se necessário, também, um especial alerta para a possibilidade da ocorrência do agente da ferrugem asiática da soja.

A produção de diferentes tipos de feijão no Brasil (nas regiões Sul, Sudeste, Centro Oeste e Nordeste, conhecidas como safras “das águas”, “das secas” e de “inverno”) onde também, em grande parte dessas áreas, a soja é cultivada antecipadamente ou concomitantemente à cultura do feijão, o fungo *P. pachyrhizi* certamente já foi detectado na cultura da soja. Devido ao feijão também ser cultivado nessas regiões, não se pode desprezar o potencial de risco desse fungo para as áreas comerciais do grão. A diversidade climática do Brasil, que normalmente permite o cultivo do feijão ao longo das estações, aliada às tecnologias disponíveis e normalmente utilizadas (ex: irrigação) em muitas das regiões produtoras, possibilita que as culturas do feijão e da soja possam formar uma verdadeira “ponte verde” para a sobrevivência de *P. pachyrhizi*, potencializando em muito as fontes de inóculo do fungo, bem como o seu possível potencial de dano para as duas importantes culturas.

Os dois tipos de ferrugem, “ferrugem asiática da soja” incitada por *P. Pachyrhizi*, e a “ferrugem do feijão”, por *U. appendiculatus*, têm a capacidade de produzir esporos ao longo do ciclo das plantas hospedeiras, sendo esse um dos motivos pelos quais, em muitas das áreas produtoras de soja e feijão, as estações de cultivo se sobreponham, perpetuando a fonte de inóculo.

4 ESTRATÉGIAS DE MANEJO DE *PHAKOPSORA PACHYRHIZI* NA CULTURA DO FEIJÃO

A ocorrência do fungo *P. pachyrhizi* na cultura da soja, dinamizou e mobilizou em muito a classe agrônômica e os órgãos responsáveis pela defesa fitossanitária. Esse fato possibilitou uma maior tecnificação e

formação de recursos humanos e a utilização de importantes ferramentas já existentes no desenvolvimento de estratégias para o manejo da “ferrugem asiática na soja”. A experiência adquirida tem possibilitado o desenvolvimento de estratégias que possam ser utilizadas no manejo da doença na cultura do feijão. Tendo em vista que a detecção de *P. pachyrhizi* em infecção natural em áreas de feijão ser uma doença nova, a implementação de diversas estratégias de manejo está em desenvolvimento. Dentre as primeiras estratégias que poderiam ser recomendadas visando à redução de maiores impactos da doença na cultura do feijão, destaca-se a avaliação de fontes de resistência a *P. pachyrhizi* nas diversas cultivares de feijão comercialmente utilizadas e naquelas presentes nos bancos de germoplasmas. Assim sendo, na safra 2006/2007 um total de 23 cultivares comerciais foram avaliadas sob condições naturais de infecção na Universidade Estadual de Ponta Grossa. Para quantificação da doença os pesquisadores utilizaram uma nova escala diagramática. (Figura 1). Nessa avaliação, os pesquisadores observaram e identificaram cultivares comerciais de feijão com bons níveis de resistência. (Tabela 1).

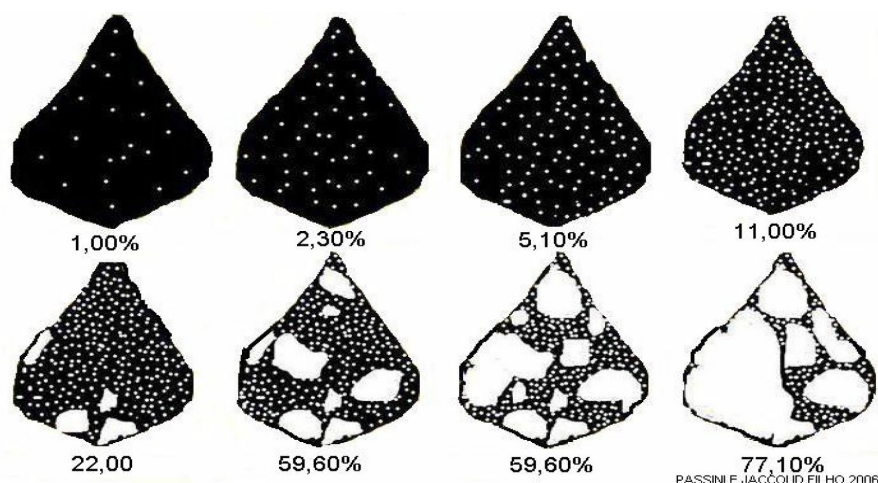


FIGURA 1 – Escala diagramática para avaliação dos níveis de severidade de *Phakopsora pachyrhizi* em cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris*).

Fonte: PASSINI; JACCOUD FILHO (2006).

A utilização de sistemas de rotação de culturas e/ou o estabelecimento de épocas de semeadura como tentativa de minimizar a potencialização de inóculo do fungo para as culturas da soja e do feijão são estratégias importantes e úteis de manejo e controle da doença. Especificamente no caso do feijão, estudos com dez épocas de semeadura utilizando-se duas cultivares de feijão mostraram, como era de se esperar, maiores níveis de severidade nas semeaduras mais tardias. A redução de possíveis fontes de perpetuação do inóculo do fungo, tais como a eliminação de plantas voluntárias (com a utilização de máquinas bem reguladas durante a colheita) e hospedeiras, também tem sido uma boa estratégia para o controle da doença na soja e no feijão. A avaliação da eficiência e otimização do uso dos fungicidas disponíveis para o controle da *P. pachyrhizi* na cultura da soja, além dos já utilizados para o controle de *U. appendiculatus* na cultura do feijão, tendo em vista a possibilidade da ocorrência dos dois tipos de ferrugem ao mesmo tempo numa planta de feijão, têm possibilitado também a utilização dessa estratégia. Em vista da grande extensão de danos causados pela ferrugem asiática na cultura da soja no Brasil, do possível potencial de dano da doença para a cultura do feijão e, por fim, da grande importância da cultura do feijão como fonte alimentar, seria de grande prudência a implementação de um sistema de monitoramento da ocorrência de *P. pachyrhizi* nas áreas de produção de feijão. A implementação de um sistema de monitoramento da doença na cultura do feijão, certamente trará para o sistema produtivo informações importantes, que contribuirão em muito para o estabelecimento de estratégias de manejo da doença, tais como os possíveis riscos que poderiam ser ocasionados pelas proximidades das épocas de semeadura de soja e feijão e pela disseminação de inóculo do fungo entre regiões.

TABELA 1 – Reação de cultivares comerciais de feijão (*Phaseolus vulgaris*) sob condições naturais de infecção de *Phakopsora pachyrhizi* na região dos Campos Gerais do Paraná.

CULTIVARES	Severidade (%)		Nº Médio de Pústulas por Foliolos	AACPD (*)	Desfolha (%)	Rendimento (Kg/ha)
BRS- Campeiro	18,1 c	MS	108,6 d	2932,8 c	74,9 c	2501,3 b
BRS-Timbo	4,9 j	R	39,2 i	727,5 j	67,3 e	2708,1 a
BRS-Vereda	13,6 d	MS	48,7 h	2476,2 d	75,6 c	2520,1 b
BRS-Supremo	6,2 i	MR	44,2 h	934,1 i	67,6 e	2681,1 a
Jalo Precose	30,1 b	S	198,3 b	4397,7 b	87 b	2289,1 c
BRS-Pontal	8,5 g	MR	58,1 g	1476,1 g	71,7 d	2654,8 a
BRS-Horizonte	12,6 e	MS	65,7 f	2272,3 e	74,7 c	2595 b
Xamego	9,8 f	MR	74,7 e	1790,3 f	72,2 d	2622,3 b
BRS- Radiante	35,7 a	S	239,9 a	5734,3 a	93 a	2250 c
BRS-Requinte	5,1 j	R	35,7 i	869,5 i	70,9 d	2717,9 a
Perola	6,2 i	MR	41,3 h	971,3 i	72,1 d	2613,6 b
IAPAR 31	4,1 j	R	26,2 j	427 k	67,7 e	2729,2 a
IAPAR 81	14,3 d	MS	120,7 c	2489,9 d	75,2 c	2594,9 b
IPR Juriti	7,1 h	MR	48,7 h	1370,2 h	71,5 d	2512,7 b
IPR Uirapuru	9,4 f	MR	57,2 g	1502,5 g	72,1 d	2588,8 b
IPR Saracura	5,9 i	MR	37,5 i	899,5 i	70 e	2727,3 a
IPR Chopim	5,8 i	MR	37,3 i	891,1 i	67,8 e	2802,7 a
IPR Graúna	8,3 g	MR	59,3 g	1543,5 g	72,7 d	2723 a
FTs-Magnifico	5,7 i	MR	38,5 i	933,9 i	68,7 e	2603,1 b
FTs-Bonito R	4,7 j	R	31,6 j	803,9 j	67,6 e	2581,9 a
FTs-Soberano	6,5 i	MR	40 i	930,7 i	70,4 e	2662,5 a
FT-Nobre	6,5 i	MR	44 h	1006,6 i	70,9 d	2662,5 a
FT-05	7,2 h	MR	48,2 h	1217 h	71,5 d	2644,8 a
CV%	4,9		7,2	5,3	2,31	3,2

Fonte: Passini et al. (2006).

Nota: (*) Área abaixo da curva de progresso da doença.

5 REFERÊNCIAS

- BERGAMIN FILHO, A.; AMORIM, L. Fitopatologia e epidemiologia tropicais. In: BERGAMIN FILHO, A.; AMORIM, L. **Doenças de plantas tropicais: epidemiologia e controle econômico**. São Paulo: Ceres, 1996.
- BIANCHINI, A.; CARNEIRO, S. M. T. P. G.; LEITE JÚNIOR, R. P. Doenças e seu controle. In: **Feijão: tecnologia de produção**. Londrina: IAPAR, 2000. Informe de Pesquisa, 135.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Abastecimento. **Consórcio Antiferrugem: ferrugem asiática da soja**. Brasília, 2006. 1 CD.
- CANTERI, M. G. et al. Epidemiologia das doenças. In: CANTERI, M. G.; DALLA PRIA, M.; SILVA, O. C. (Orgs.). **Principais doenças fúngicas do feijoeiro: orientações para manejo econômico e ecológico**. Ponta Grossa: UEPG, 1999.
- CANTERI, M. G.; BERGAMIN FILHO, A. Estratégias e táticas de controle. In: CANTERI, M. G.; DALLA PRIA, M.; SILVA, O. C. (Orgs.). **Principais doenças fúngicas do feijoeiro: orientações para manejo econômico e ecológico**. Ponta Grossa: UEPG, 1999.
- CARVALHO JUNIOR, A. A.; FIGUEIREDO, M. B. A verdadeira identidade da ferrugem da soja no Brasil. **Summa Phytopathologica**, n. 26, p. 197-200, 2000.
- CHAVES, G. M.; ZAMBOLIM, L.; VALE, F. X. R. Ferrugem da soja em lavoura comercial na região do Alto Paranaíba, Minas Gerais. **Fitopatologia Brasileira**, v. 7, n. 3, 1982.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Disponível em: < <http://www.conab.gov.br> >. Acesso em: 2007.
- DESLANDES, J. A. Ferrugem da soja e de outras leguminosas causada por *Phakopsora pachyrhizi* no estado de Minas Gerais. **Fitopatologia Brasileira**, n. 4, p. 337-339, 1979.
- DU PREEZ, E. D.; VAN RIJ, N. C.; LAWRENCE, K. F. 1st Report of soybean rust caused by *Phakopsora pachyrhizi* on dry beans in South Africa. **Plant Disease**, n. 89, p. 206, 2005.

EMBRAPA. **Tecnologia de produção de soja**: Paraná 2007. Londrina: Embrapa, 2007. Soja. Sistemas de Produção, 10.

FANCELLI, L. A. Estresse e produtividade na cultura do feijão. In: ENCONTRO CORETA SOBRE A CULTURA DO FEIJOEIRO, 3., Taquarituba, 2005. Palestra.

FORD, R. E.; SINCLAIR, J. B. Rust of soybean: the problem and research needs. **Intsoy**, University of Illinois, n. 12, 1977. Urbana-Champaign.

FURLAN, S. H. **Doenças bióticas e abióticas do feijoeiro**: guia de identificação e controle. Campinas: APTA Instituto Biológico, 2004.

JACCOUD FILHO, D. S. et al. Alternative hosts of the agent of the Asian Soybean Rust (*Phakopsora pachyrhizi*) in Brazil. **Fitopatologia Brasileira**, n. 32, p. 60-64, 2007. Suplemento.

JACCOUD FILHO, D. S. et al. Current status of Asian Soybean Rust (*Phakopsora pachyrhizi*) in Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Brazil. In: JULIATTI, F. C. **Soybean Asian Rust**: etiology, epidemiology and management. Uberlândia: EDUFU, 2006.

JACCOUD FILHO, D. S. et al. Detecção da ferrugem asiática da soja em lavouras de feijão na região dos Campos Gerais do Paraná. In: REUNIÃO DE AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS DO CONSÓRCIO ANTIFERRUGEM (2004-2005). Londrina, 2005. Palestra.

JACCOUD FILHO, D. S. et al. Evaluation of the Asian Soybean Rust (*Phakopsora pachyrhizi* Sydow & P. Sydow) in commercial common bean crops (*Phaseolus vulgaris* L.) **Fitopatologia Brasileira**, n. 31, p. 291, 2006. Suplemento.

JACCOUD FILHO, D. S. et al. Ocorrência da ferrugem da soja na região dos Campos Gerais do Paraná. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 23., 2001, Londrina. **Resumos**, Londrina, 2001. p. 109.

JACCOUD FILHO, D. S. et al. Relato da ferrugem asiática no estado do Paraná. In: WORKSHOP BRASILEIRO SOBRE A FERRUGEM ASIÁTICA, 1., 2005, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: EDUFU, 2005. p. 75-87.

JACCOUD FILHO, D. S.; DABUL, A. N. G. Rapid method to detect *Phakopsora pachyrhizi* and *Phakopsora meibomia* in Fabaceae Plants. **Fitopatologia Brasileira**, n. 31, p. 247, 2006. Suplemento.

JULIATTI, F. C.; POLIZEL, A. C.; HAMAWAKI, O. T. In: WORKSHOP BRASILEIRO SOBRE FERRUGEM ASIÁTICA, 1., Uberlândia: EDUFU, 2005.

MENDES, M. A. S. et al. **Fungos em plantas no Brasil**. Brasília: Embrapa/Cenargen, 2000.

NUNES JUNIOR, J. et al. Reação de genótipos de feijoeiro comum à ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) da soja. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 28, **Resumos**, 2006. p. 262-263. Documentos 272.

PASSINI, F. B. et al. Evaluation of Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Cultivars Reaction to the Asian Soybean Rust (*Phakopsora pachyrhizi* Sydow & P. Sydow) under natural infection conditions. **Fitopatologia Brasileira**, n. 31, p. 291, 2006. Suplemento. Res. 0680.

_____. **Ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) da soja (*Glycine max*) na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris*)**. Tese (Mestrado) – Ponta Grossa, 2007.

_____.; JACCOUD FILHO, D. S. Diagrammatic scale for assessment of Soybean Rust (*Phakopsora pachyrhizi* Sydow & P. Sydow) severity in Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Fitopatologia Brasileira**, n. 31, p. 260, 2006. Suplemento. Res. 0554.

PAULA JUNIOR, T. J.; VIEIRA, R. F.; ZAMBOLIM, L. Manejo integrado de doenças do feijoeiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte: EPAMIG, v. 25, n. 223, p. 99-112, 2004.

SARTORATO, A.; RAVA, C. A.; YOKOYAMA, M. **Principais doenças e pragas do feijoeiro comum no Brasil**. Goiânia: EMBRAPA, 1987.

SCHWARTZ, H. F.; STEADMAN, J. R.; PASTOR CORRALES, M. A. **2005 alert: Asian Soybean Rust threat to dry and snap beans**. Cali, 2005.

SINCLAIR, J. B.; HARTMAN, G. L. Soybean Rust. In: HARTMAN, G. L.; SINCLAIR, J. B.; RUPE, J. C. **Compendium of Soybean Diseases**. 4. ed. Minnesota: APS Press, 1999.

VALE, F. X. R.; COSTA, H.; ZAMBOLIM, L. Feijão comum, controle de doenças – doenças de parte aérea causadas por fungos. In: VALE, F. X. R.; ZAMBOLIM, L. **Controle de doenças de plantas**. Viçosa: UFV, 1997.

VALE, F. X. R.; ZAMBOLIM, L.; CHAVES, G. M. Efeito do binômio temperatura – duração do molhamento foliar sobre a infecção por *Phakopsora pachyrhizi* em soja. **Fitopatologia Brasileira**, v. 15, n. 3, p. 200-202, 1990.

VIEIRA, C. **Doenças e pragas do feijoeiro**. Viçosa: UFV, 1983.

YORINORI, J. T.; DESLANDES, J. The status of Soybean Rust in Brazil. In: WORLD SOYBEAN RESEARCH CONFERENCE, 3., Iowa. **Proceedings**. Iowa, 1985.

YORINORI, J. T.; MOREL, W.; FERNANDEZ, F. T. P. Epidemia de ferrugem da soja no Paraguai e na costa oeste do Paraná, em 2001. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 23., **Resumos**, 2001. p. 117-118

ZAMBOLIM, L.; VALE, F. X. R.; CHAVES, G. M. Partial Resistance of Soybean Cultivars to *Phakopsora pachyrhizi*. **Fitopatologia Brasileira**, n. 8, p. 117-122, 1983.

Mela

Gesimária Ribeiro Costa
Eliane Divina de Toledo Souza

1 INTRODUÇÃO

A mela ou murcha da teia micélica causada por *Thanatephorus cucumeris* (Frank) Donk (anamorfo: *Rhizoctonia solani* Kühn) é uma doença comum nas regiões de clima quente e úmido, característica das zonas tropicais e equatoriais, especialmente das florestas tropicais chuvosas. Tem sido relatada em muitos hospedeiros e o patógeno está amplamente disseminado em todo o mundo. Ocorre no Brasil, América Central, África, Índia e em pequena faixa subtropical dos Estados Unidos. Já foi relatada em plantas de 35 ordens, 52 famílias e 125 gêneros.

No Brasil, o primeiro relato desta doença na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), foi em Minas Gerais, em 1934. Posteriormente, a doença apareceu em outras regiões e, devido às condições climáticas favoráveis, atingiu maior importância, como na Região Amazônica, no Pará, no Acre e em Rondônia. Já foi relatada em outros estados, nas épocas de maior precipitação pluviométrica, como, por exemplo, na região da Zona da Mata em Minas Gerais e Goiás. Foi constatada também em Sergipe, Tocantins e, mais recentemente, em São Paulo.

No momento, principalmente no Brasil, os danos por ela causados estão cada vez mais elevados, em razão da taxa significativa de área cultivada com feijão nas zonas vulneráveis ao ataque do fungo. Evidentemente, com ampliação das fronteiras agrícolas para a região amazônica, o problema pode aumentar em suas reais proporções, constituindo sério entrave à expansão e produtividade desta leguminosa.

2 ETIOLOGIA

O agente causal da mela da cultura do feijão é um fungo pertencente ao Filo Basidiomycota, que foi descrito inicialmente, em sua fase assexuada, como *Rhizoctonia solani* Kühn. A fase sexuada é *Thanatephorus cucumeris* (Frank) Donk e apresenta como sinonímia *Hypochnus solani*, *Hypochnus cucumeris*, *Hypochnus filamentosus*, *Corticium vagum* var. *solani*, *Corticium solani*, *Corticium microesclerotia*, *Ceratobasidium filamentosum*, *Botryobasidium solani*, *Pellicularia filamentosa*, *Pellicularia filamentosa* f. sp. *micloesclerodia*. Essa variação taxonômica é em parte atribuída às dificuldades na produção do esporo sexual em laboratório e à inconsistência em sua caracterização, embora diversos autores tenham constatado a formação “in vitro” de himênio e basidiósporos usando meios de cultura não convencionais. A caracterização do complexo *R. solani* em grupos, em função da capacidade de anastomose específica dentre os isolados, representou importante tentativa no sentido de aumentar a consistência na classificação das espécies. Os grupos de anastomose de *Rhizoctonia* spp. podem ser associados a diferentes características culturais, como tipo de hospedeiros e outras. Contudo, há ampla variabilidade dentro de cada grupo e, portanto, ainda existe a possibilidade de subdivisão dos grupos de acordo com a gama de hospedeiros, morfologia, requerimentos para tiamina e homologia de DNA. Isolados obtidos da cultura do feijão quando pareados com isolados testes multinucleados, formaram anastomose de hifas com o grupo AG1 e subgrupo 1B.

Rhizoctonia solani apresenta hifas ramificadas em ângulo de aproximadamente 90°, constrição na base da ramificação, septo próximo à inserção da hifa lateral.

Thanatephorus cucumeris apresenta frutificações brancas, com um himênio descontínuo, que consiste de uma teia solta de coloração branca que surge de uma hifa vegetativa, formado por um conjunto de basídios. Os basídios são produzidos nos tecidos com sintomas, quando as condições ambientais são favoráveis à doença e na ausência de luz (à noite). Os basídios medem de 15 a 18 μ de comprimento e de 8 a 10 μ de largura, são oblongos ou em forma de barril e apresentam-se em ráculos terminais e retos. Cada basídio produz quatro esterigmas relativamente retos, levemente divergentes, medindo 15 μ de comprimento e 3 μ de largura.

Logo que são formados, os basidiósporos são expelidos e segue-se uma rápida degeneração dos basídios. Os basidiósporos são hialinos, lisos, delgados, oblongos a elipsoidais, com um dos lados plano ou ovalado e apículos truncados, medindo de 7,3 a 9,8 μ de comprimento e de 4,2 a 6,4 μ de largura. Essas peculiaridades permitem especular que o curto período entre a formação e o desaparecimento das estruturas sexuais, aliado à condição de ausência de luz, dificulta a detecção deste estágio “in vivo”. Os basidiósporos germinam emitindo um tubo germinativo e apressório, podendo penetrar pelos estômatos e pela epiderme.

3 SINTOMATOLOGIA

Em feijão, *R. solani* provoca duas doenças distintas: o tombamento (“damping-off”) das plântulas e a mela. No primeiro caso, os sintomas ocorrem apenas nos estádios iniciais da germinação e emergência das plântulas, não tendo sido ainda relatada a ocorrência da forma sexuada junto com esta sintomatologia. No segundo caso, existe uma diferenciação nos sintomas relacionada com a fase sexual ou assexual do agente de infecção. Um tipo de sintoma é produzido pelo micélio e/

ou pelo escleródio (fase assexual, Fotos 25 e 26). Outro tipo de sintoma é produzido pelos basidiósporos (fase sexual, Foto 27).

Quando a infecção ocorre num período mais seco, o micélio ou o escleródio provocam, inicialmente, o surgimento de pequenas manchas necróticas (5 a 10 mm de diâmetro) com o centro marrom e as margens com coloração verde-oliva. Posteriormente, as manchas coalescem e geralmente as folhas são destruídas em um período de 2 a 3 dias. Em condições de umidade mais alta, surgem pequenas manchas úmidas, tipo escaldadura, de cor verde-acinzentada, com as margens de cor castanho-avermelhadas e, a partir dessas lesões, o patógeno cresce, formando hifas em ambas as faces da folha, de cor castanho-clara, que podem atingir toda a superfície foliar (folhas, caule e vagens) na qual está em contato, formando uma teia micélica e afetando toda a planta e as plantas vizinhas.

A teia micélica que interliga as folhas com as outras partes da planta impede, algumas vezes, a desfolha total, sendo comum encontrar-se a folhagem completamente seca, aderida ao caule da planta, com grande número de esclerócios formados sobre os tecidos mortos (Foto 28). A produção destes esclerócios, medindo de 0,5 a 2,0 mm de diâmetro, semelhantes a pequenos grãos de areia, é abundante quando após uma fase de elevada umidade ocorre um período seco (Foto 29). Os escleródios de cor castanha clara, arredondados e pequenos (< 1 mm de diâmetro) se destacam dos tecidos vegetais e constituem-se focos secundários de infecção ou inóculo primário nos anos subsequentes. O aparecimento da enfermidade no campo em reboleiras demonstra a participação do inóculo do solo como fonte primária de infecção.

No caso da infecção provocada por basidiósporos, considerados inóculos secundários, os sintomas aparecem como pequenas manchas necróticas, marrom-avermelhadas, com o centro marrom mais claro, circulares e em grande número. Essas lesões aparecem, inicialmente, com 2 a 4 mm de diâmetro, apresentando as bordas de cor verde-oliva (Foto 27). Geralmente, essas lesões não aumentam muito de tamanho

e nem coalescem formando lesões maiores, não ocorrendo tampouco a desfolha. Há necessidade de maiores estudos sobre a forma sexual do fungo, visando a fornecer subsídios na elucidação do papel destes esporos nos mecanismos envolvidos na relação patógeno-hospedeiro e na epidemiologia da doença.

As vagens e as sementes podem ser infectadas. Nas vagens novas, as manchas apresentam coloração castanho-clara, formato irregular e, quando as vagens estão mais maduras, as lesões são mais escuras, podendo coalescer. As sementes apresentam manchas castanho-avermelhadas e, se infectadas no estágio inicial de formação, apresentam-se defeituosas.

4 EPIDEMIOLOGIA

Em situações de elevadas umidade, precipitação e temperatura (28 a 30°C) a doença pode reduzir a produção em até 100%, dependendo ainda do estágio fenológico da planta, do hábito de crescimento da cultivar utilizada, do espaçamento e do inóculo inicial presente no solo. O que tem sido recomendado para as regiões onde as condições climáticas são favoráveis ao desenvolvimento da doença é que a semeadura/plantio do feijão seja realizado de modo que a cultura complete o seu ciclo antes do início das estações chuvosas. No entanto, como a maioria das lavouras de feijão é feita em áreas não irrigadas, isso pode ocasionar grandes perdas devido à falta de chuvas na época da floração.

Em condições favoráveis ao desenvolvimento do patógeno, os sintomas podem ser observados nas folhas primárias sete dias após a semeadura. Contudo, o desenvolvimento da doença é mais acelerado na fase de florescimento e no início da frutificação, podendo ocorrer a queda de 70% das folhas que apresentem lesões. Especula-se que as razões dessa especificidade fenológica estejam ligadas às condições microclimáticas provocadas pelo desenvolvimento foliar e/ou predisposição fisiológica

da planta, em função de modificações hormonais pela passagem do estágio vegetativo para o reprodutivo.

Durante longos períodos com alta umidade, o estágio sexual do fungo pode ser observado sobre as folhas caídas ou na face inferior das que permanecem unidas à planta onde abundam as lesões, desenvolvendo-se muitas vezes nos tecidos sadios adjacentes à área necrosada. Inúmeros basídios e basidiósporos são formados à noite, e esses esporos são dispersos principalmente neste período, provocando a disseminação secundária. Logo após a liberação dos basidiósporos, ocorre a degeneração dos basídios. Surgem então novos focos da doença na mesma cultura, caracterizados pelo aparecimento na folhagem de pequenas manchas circulares de tecido encharcado, que coalescem (Foto 28). O estágio sexual desempenha, portanto, papel importante na rápida disseminação da infecção dentro do mesmo plantio.

A característica inicial da doença, manifestada através de anasarca (encharcamento), leva a crer que o fungo dispõe de várias enzimas capazes de alterar a permeabilidade das células, que perdem sua turgescência e morrem, além de provocarem a desintegração dos espaços intercelulares, sendo seus constituintes utilizados como substrato nutritivo para o fungo. Essas hipóteses sugerem que o fungo age tipicamente como necrotrófico. No entanto, estudos sobre o envolvimento de enzimas, toxinas e/ou outras substâncias bioquímicas no desencadeamento do processo infeccioso são necessários para a confirmação dessas ideias.

Estudos mostraram que o cálcio confere certa resistência ao ataque do patógeno, provavelmente devido à formação de pectatos de cálcio que inibem a ação das enzimas pectolíticas, responsáveis pela degradação da lamela média. Existem relatos que *R. solani* produz celulase e outras enzimas pécticas; auxinas, como ácido indolacético (AIA) e ácido naftaleno acético (ANA); e toxinas (m-hidroxifenil-acético). Porém, não se dispõe de informação sobre a capacidade de produção dessas substâncias por *T. cucumeris*.

A presença do patógeno em várias plantas daninhas sugere que essas podem ser importantes fontes de inóculo primário. Recentemente, o carrapicho rasteiro (*Acanthospermum australe*) foi relatado como hospedeiro alternativo de *T. cucumeris*. Além de apresentar uma ampla gama de hospedeiros, trata-se de um patógeno que apresenta alta capacidade de saprofitismo e produz estruturas de sobrevivência, dificultando sobremaneira o seu controle.

5 REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, F. C.; OLIVEIRA, A. F. F. **Ocorrência de *Thanatephorus cucumeris* em feijão e na região Transamazônica**. Belém: IPEAN, 7p. 1973 Comunicado técnico, 40.
- ALLISON, J. L. *Rhizoctonia* blight of forage legumes and grasses. **Plant Disease Reporter**, v. 35, p. 372-373, 1951.
- AOKI, J.; SASSA, T.; TAMURA, T. Phytotoxic metabolites of *Rhizoctonia solani*. **Nature**, v. 200, p. 575, 1963.
- AVANCES de los programas: Frijol. **CIAT Internacional**, Cali, v. 3, n. 1, p. 10, 1984.
- BAKER, R.; MARTINSON, C. A. Epidemiology of diseases caused by *Rhizoctonia solani*. In: PARMENTER JUNIOR, J. R. ***Rhizoctonia solani*, biology and pathology**. Berkeley: University of California Press, 1970.
- BATEMAN, D. F. An induced mechanism of tissue resistance polygalacturonase in *Rhizoctonia* infected hypocotyls of bean. **Phytopathology**, v. 53, p. 1178-1186, 1963.
- BROOKHOUSER, L. W.; HANCOCK, J. G.; WEINHOLD, A. R. Characterization of endopolygalacturonase produced by *Rhizoctonia solani* in culture and during infection of cotton seedlings. **Phytopathology**, v. 70, n. 11, p. 1039-1043, 1980.
- CARDOSO, J. E.; LUZ, E. D. M. N. **Avanços na pesquisa sobre a mela do feijoeiro no estado do Acre**. Rio Branco: EMBRAPA-UEPAE, 1981. Boletim de pesquisa, 1.
- CARLING, D. E. Grouping in *Rhizoctonia solani* by hyphal anastomosis reaction. In: SNEH, B. et al. **Taxonomy, molecular biology, ecology, pathology and disease control**. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1996.

CARPENTER, J. B. Production and discharge of basidiospores by *Pellicularia filamentosa* (Pat.) Rogers of the *Hevea* rubber tree. **Phytopathology**, v. 39, p. 980-985, 1949.

_____. **Target leaf spot of the *Hevea rubber tree* in relation to host development, infection defoliation, and control.** Washington: Department of Agriculture, 1951. Technical Bulletin.

CEREZINE, P. C.; SOUZA, N. I. Associação de *Rhizoctonia spp.* binucleados e de *R. solani* GA-4 HGI a vagens de amendoimzeiro no estado de São Paulo. **Fitopatologia Brasileira**, v. 19, p. 325, 1994. Suplemento.

CHORIN, M.; HALFON, M. A. Losses caused by *Rhizoctonia solani* borne on bean seed. **Plant Disease Reporter**, v. 46, n. 4, p. 790-791, 1962.

COSTA, G. R.; LOBO JUNIOR, M.; CAFE FILHO, A. C. *Acanthospermum australe* é hospedeiro alternativo de *Thanatephorus cucumeris*, agente causal da mela do feijoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, v. 32, p. 83-84, 2007.

DESLANDES, J. A. Observações fitopatológicas na Amazônia. **Boletim Fitossanitário**, Rio de Janeiro, v. 1, p. 197-242, 1944.

DODMAN, R. L.; BARKER, K. R.; WALKER, J. C. Auxin production by *Rhizoctonia solani*. **Phytopathology**, v. 56, p. 875, 1966.

ECHANDI, E. Basidiospore infection by *Pellicularia filamentosa* (*Corticium microesclerotia*), the incitant of web blight of common beans. **Phytopathology**, St. Paul, v. 55, n. 6, p. 698-699, 1965.

_____. La chasparria del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) web blight provocada por *Pellicularia filamentosa* (Pat.) Rogers (sinónimo *Corticium microesclerotia* (Matz) Weber). In: REUNION LATINOAMERICANA DE FITOTECNIA, 5.; 1961, Buenos Aires. **Actas**. Buenos Aires: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuária, 1962. p. 463-466.

_____. Principales enfermedades del frijol (*Phaseolus vulgaris*) en los trópicos americanos en diferentes zonas ecológicas. **Fitopatologia Brasileira**, v. 1, p. 171-177, 1976.

El CULTIVO del frijol regressa a las áreas húmedas de Centro América. **CIAT Internacional**, Cali, v. 3, p. 7-8, 1984.

FLENTJE, N. T. Studies on *Pellicularia filamentosa* (Pat.) Rogers. I. Formation of the perfect stage. **Transactions of the British Mycological Society**, v. 39, n. 3, p. 343-56, 1956.

GALINDO, J. J. et al. E. Source of inoculum and development of bean web blight in Costa Rica. **Plant Disease**, v. 67, n. 9, p. 1016-1021, 1983b.

_____. et al. Effect of mulching on web blight of beans in Costa Rica. **Phytopathology**, v. 73, n. 4, p. 610-615. 1983a.

GÁLVEZ, G. E.; GUSMÁN, P.; CASTAÑO, M. La mustia hilachosa. In: SCHWARTZ, H. F.; GÁLVEZ, G. E. (Eds.). **Problemas de producción del frijol: enfermedades, insectos, limitaciones edáficas y climáticas de *Phaseolus vulgaris***. Cali: CIAT, 1980.

GARZA-CHAPA, R.; ANDERSON, N. A. Behaviour of single-Basidiospore isolates and heterokarius of *Rhizoctonia solani* from flax. **Phytopathology**, v. 56, p. 1260-1268, 1966.

GODOY-LUTZ, G. et al. Role of natural seed infection by the web blight in common bean damage, seedling emergence, and early disease development. **Plant Disease**, v. 80, p. 887-890, 1996.

GONÇALVES, J. R. C. **Queima da folha do feijoeiro causada por *Rhizoctonia microsclerotia***. Belém: IPEAN, 1969. 3p. Comunicado, 12.

HANCOCK, J. K.; HARGEAVES, G. H. **Precipitación, clima y potencial para producción agrícola en Costa Rica**. Logan: Univ. Utah, 1977.

HARTILL, W. F. T. Sexually reproduzing *Rhizoctonia solani* (*Thanatephorus cucumeris*) in New Zealand. **Bull Bristsh Mycology Society**, v. 165, p. 58-9, 1981.

HAWN, E. J.; VANTERPOOL, T. C. Preliminary studies on the sexual stage of *Rhizoctonia solani* Kuhn. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, v. 31, p. 699-710, 1953.

LEACH, L. D.; GARBER, R. H. Control of *Rhizoctonia solani*. In: PARMETER JUNIOR, J. R. ***Rhizoctonia solani*, biology and pathology**. Berkeley: Univ. Calif. Press, 1970.

LUKE, W. J.; PINKARD, J. A.; WANG, S. C. Basidiospore infection of cotton bolls by *Thanatephorus cucumeris*. **Phytopatology**, v. 64, n. 1, p. 107-111, 1974

MANDAVA, N. B. et al. Phytotoxins in *Rhizoctonia solani*: isolation and biological activity of n-hydroxy-and m-methoxyphenylacetic acids. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 28, n. 1, p. 71-75, 1980.

MATZ, J. *Corticium microclerotia*. **Phytopathology**, v. 7, p. 110-17, 1917.

----- . **Una enfermedad dañina de la habichuela**. Porto Rico: Insular Station, 1921. Circular, 57.

MULLER, A. S. Doenças do feijão em Minas Gerais. **Boletim de Agricultura, Zootecnia e Veterinária**, Belo Horizonte, v. 7, p. 383-388, 1934.

MURRAY, D. I. L. *Rhizoctonia solani* causing barley strunt disorder. **Transactions of the British Mycological Society**, v. 76, n. 3, p. 383-395, 1981.

NAITO, S. Studies on foliage blight of sugar beets. **Res. Bull. Hokkaido Natl. Agric. Exp. Stn**, v. 139, p. 145-188, 1984.

NEWMAN LUZ, E. D. M. **Principais enfermidades do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) no estado do Acre. I. Microrregião do Alto Purus**. Rio Branco: Embrapa-UEPAE, 1978. Comunicado Técnico, 1.

NISHIMURA, S.; SADKI, M. Isoalation of the phytotoxic metabolites of *Pellicularia filamentosa*. **Annual Phytopathology. Society. Japan**, v. 28, p. 228-34, 1963.

OGOSHI, A. The genus *Rhizoctonia*. In: SNEH, B.; JABAJI-HARE, N. S.; DIJST, G. (Eds.). **Rhizoctonia species: taxonomy, molecular biology, ecology, pathology and disease control**. Kluwer Academic Publishers, 1996.

ONESIROSAN, P. T. Seedborne and weedborne inoculum in web blight of cowpea. **Plant Disease Reporter**, Washington, v. 59, p. 338-339, 1975.

OYEKAN, P. O. Chemical control of web blight and leaf spot of cowpea in Nigeria. **Plant Disease Reporter**, v. 63, n. 7, p. 574-577, 1979.

PARMETER JR.; J. R.; WHITNEY, H. S.; PLATT, W. D. Affnities of some *Rhizoctonia* species that resemble mycelium of *Thanatephorus cucumeris*. **Phytopathology**, v. 57, p. 218-223, 1967.

SARTORATO, A.; RAVA, C. A.; CARDOSO, J. E. Mela ou murcha da teia micélica. In: SARTORATO, A.; RAVA, C. A. (Eds.). **Principais doenças do feijoeiro comum e seu controle**. Brasília: EMBRAPA/CNPAP, 1994. Documentos, 50.

SHEPHARD M. C.; WOOD, R. K. S. The effect of environment and nutrition of pathogen and host, in the damping-off of seedlings by *Rhizoctonia solani*. **Ann. Appl. Biol.**, v. 51, p. 389-402, 1963.

SHEW, H. D.; MAIN, C. E. Infection and development of target spot of flue-cured tobacco caused by *Thanatephorus cucumeris*. **Plant Disease**, v. 74, n. 12, p. 1009-1013, 1990.

SILVEIRA, S. F.; ALFENAS, A. C. Etiologia da queima da folha e podridão de estacas do eucalipto causada por *Thanatephorus cucumeris* I anastomose de hifas. **Fitopatologia Brasileira**, v. 18, p. 330, 1993. Suplemento.

SIMS, A. C. Factors affecting basidiospore development of *Pellicularia filamentosa*. **Phytopathology**, v. 46, p. 471-472, 1956.

SINCLAIR, J. B.; BACKMAN, P. A. (Eds.). **Compendium of soybean diseases**. 3. ed. St. Paul, Minnesota: APS, 1989.

SNEH, B.; BURPEE, L.; OGOSHI, A. **Identification of *Rhizoctonia* species**. Minnesota: APS Press, 1991.

TRINDADE, D. R.; POLTRONIERI, L. S.; ALBURQUERQUE, F. C. Mancha areolada causada por *Thanatephorus cucumeris* em laranjeiras no estado do Pará. **Fitopatologia brasileira**, v. 22, n. 1, p. 115, 1997.

TU, C. C.; KINBROUGH, J. W. Morphology, development and cytochemistry of the hyphae and sclerotia of species in the *Rhizoctonia* complex. **Canadian Journal of Botany**, v. 53, p. 2282-2296, 1975.

WARCUP, J. H.; TALBOT, P. H. B. Perfect stages of some *Rhizoctonia*. Transactions of the British Mycological Society. **Cambridge**, v. 49, p. 427-453, 1966.

WEBER, G. F. Web blight, a disease of beans caused by *Corticium microesclerodia*. **Phytopathology**, St. Paul, v. 29, p. 559-575, 1939.

WINDELS, C. E.; KUZNIA, R. A.; CALL, J. Characterization and pathogenicity of *Thanatephorus cucumeris* from sugar beet in Minnesota. **Plant Disease**, v. 81, n. 3, p. 245-249, 1997.

WU, L. C. Physiology of parasitism, growth, pathogenicity and production of *Rhizoctonia solani*. (Kuhn). **Bot. Bull. Acad. Sin.**; Taipei, v. 6, p 144-152, 1965.

ZAUMEYER, W. J.; THOMAS, H. R. **A monographic study of bean diseases and methods for their control**. Washington: USDA, 1957. Technical bulletin, 868.

Mofo-Branco

Trazilbo José de Paula Júnior

Rogério Faria Vieira

Murillo Lobo Júnior

Marcelo Augusto Boechat Morandi

José Eustáquio de Souza Carneiro

1 INTRODUÇÃO

O mofo-branco é uma das principais doenças que afetam a cultura do feijão. É causado por *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary, fungo que pode atacar mais de 400 espécies de plantas. Culturas, como soja, algodão, alface, repolho, tomate, girassol, amendoim e ervilha, e espécies de plantas daninhas, como picão, carrapicho, caruru, mentrasto e vassoura são suscetíveis. O mofo-branco é uma das doenças mais destrutivas dessa cultura no mundo, notadamente nas semeaduras efetuadas em locais de temperaturas amenas e alta umidade do solo e do ar. Nas regiões Sudeste e Centro-Oeste do Brasil, a doença manifesta-se com maior intensidade na safra de outono-inverno. Nessa época, a baixa evapotranspiração e a alta umidade do solo proporcionada pela irrigação favorecem a doença, que geralmente é pouco prejudicial nas épocas tradicionais de cultivo, no cultivo das “águas” (de agosto a novembro) e no cultivo das “secas” (de janeiro a março). A doença torna-se ainda mais prejudicial onde ocorre crescimento vegetativo abundante da cultura, pouco arejamento e penetração da luz solar, drenagem deficiente do solo e rotação inadequada de culturas.

2 ETIOLOGIA

Sclerotinia sclerotiorum pertencente à divisão *Ascomycota*, classe *Discomycetes*, ordem *Leotiales*. Produz estruturas de resistência de cor negra, duras, relativamente grandes (1 cm ou mais de comprimento) e de formato irregular, chamadas de escleródios (Foto 30). A germinação dos escleródios pode ser miceliogênica (produzindo hifas) ou carpogênica (com a produção de apotécios) (Fotos 31 e 32). Para germinar carpogenicamente, os escleródios necessitam de um período de condicionamento no solo. Os apotécios constituem o estágio sexual do fungo e provêm de escleródios enterrados a até 5 cm de profundidade; têm a forma de guarda-chuva com 5 a 15 mm de diâmetro. A estrutura que sustenta o apotécio chama-se estipe. Cada escleródio pode produzir de um a mais de 20 apotécios. Nestes, são formados milhares de corpos de forma cilíndrica, os ascos, com oito ascósporos cada um. Durante o período funcional, que é de 5 a 10 dias, um apotécio pode liberar mais de dois milhões de ascósporos.

3 EPIDEMIOLOGIA

Via de regra, as infecções primárias são iniciadas pelos ascósporos, os quais germinam na presença de água livre e de fonte de energia exógena, geralmente as pétalas de flores senescentes e os tecidos necróticos caídos no chão ou retidos nas plantas. Folhas e hastes contaminadas com ascósporos em contato com o solo úmido, assim como folhas e hastes em contato com escleródios na superfície do solo, também podem dar início à doença. As infecções secundárias ocorrem a partir do contato da planta doente com a planta sadia. Posteriormente, inúmeros escleródios do fungo são formados sobre a superfície dos tecidos infectados e no interior deles. Os escleródios de plantas doentes caem eventualmente no solo (Foto 33), podendo ser incorporados a ele juntamente com os restos da cultura nas operações de aração e gradagem. No solo, podem sobreviver por vários anos sem o plantio de plantas hospedeiras. Havendo con-

dições favoráveis, os escleródios presentes na camada superior do solo (cerca de 5 cm) germinam e produzem apotécios. A temperatura ótima para a formação de apotécio está em torno de 10°C, no entanto, eles podem ser produzidos em relativamente grande número a 25°C.

A doença é mais severa com temperaturas moderadas (de 15 a 25°C) e umidade alta. Os ascósporos, principal fonte de inóculo dentro da lavoura, podem sobreviver até 12 dias no campo, sendo levados pelo vento para diferentes partes da planta e para outras plantas da mesma área e podendo atingir ainda outros campos de cultivo nas proximidades.

O fungo também se dissemina de um local para outro por meio de sementes infectadas com micélio ou contaminadas com escleródios. Estes, quando no solo e nos restos de cultura, também podem ser disseminados por água de enxurrada, água de irrigação, implementos agrícolas e animais que se alimentem das plantas.

Sementes infectadas por *S. sclerotiorum* podem apodrecer e não germinar, e sobre cada semente podem ser formados escleródios. As sementes que germinam, no entanto, originam plantas doentes. Esse fato indica que a presença de micélio dormiente nas sementes infectadas tem papel importante não só na disseminação de *S. sclerotiorum*, como também contribui para aumentar a intensidade da doença.

4 SINTOMATOLOGIA

O mofo-branco geralmente se inicia em reboleiras na lavoura (Foto 34), principalmente nos locais de alta densidade de plantas e em semeaduras de cultivares de hábito de crescimento indeterminado (prostrados). O sintoma inicial é geralmente a murcha da planta, resultado do apodrecimento do caule causado pelo fungo. Depois os sintomas, que podem ocorrer nas folhas, hastes e vagens, se dão através formação de manchas encharcadas, seguidas por crescimento de micélio branco e cotonoso, o que dá origem ao nome “mofo-branco” (Foto 35 e 36). Com o progresso

da doença, formam-se escleródios do fungo, facilmente visíveis a olho nu, dentro do tecido infectado e sobre ele. Os tecidos doentes tornam-se secos, leves e quebradiços. Sementes infectadas são pequenas, sem brilho, descoloridas, enrugadas e mais leves (Foto 37) ou não apresentam qualquer sintoma externo. O fungo pode ser isolado de menos de 0,5% de sementes aparentemente normais e de cerca de 12% de sementes com algum sintoma da doença. Os prejuízos diretos são decorrentes da menor produtividade das plantas. Entre as perdas indiretas, estão a condenação de áreas para a produção de sementes, o aumento do custo de produção e os custos ambientais decorrentes do controle químico.

Detalhes sobre o manejo do mofo-branco serão abordados no capítulo 7, Parte IV.

5 AGRADECIMENTOS

Trazilbo José de Paula Júnior e Rogério Faria Vieira são bolsistas do CNPq. Pesquisas sobre o controle do mofo-branco do feijoeiro em Minas Gerais têm sido financiadas por FAPEMIG, Embrapa, CNPq e International Foundation for Science (IFS).

6 REFERÊNCIAS

- COSTA, G. R.; COSTA, J. L. Efeito da aplicação de fungicidas no solo sobre a germinação carpogênica e miceliogênica de escleródios de *Sclerotinia sclerotiorum*. **Pesq. Agropec. Trop.**, Goiânia, v. 34, p. 133-138, 2004.
- GERLAGH, M. et al. Long-term biosanitation by application of *Coniothyrium minitans* on *Sclerotinia sclerotiorum*-infected crops. **Phytopathology**, St. Paul, v. 89, p. 141-147, 1999.
- KLEIN, D.; EVERLEIGH, D. E. Ecology of Trichoderma. In: KUBICEK, C. P.; HARMAN, G. E. (Eds.). **Trichoderma & Gliocladium – Enzymes, Biological Control and Commercial Applications**, London, v. 1, p. 57-74, 1998.

PAULA JUNIOR, T. J.; VIEIRA, R. F.; ZAMBOLIM, L. Manejo integrado de doenças do feijoeiro em plantio direto. In: ZAMBOLIM, L.; SILVA, A. A.; AGNES, E. L. **Manejo integrado**: integração agricultura-pecuária. Viçosa: UFV/DFP/DFT, 2004.

PAULA JUNIOR, T. J.; VIEIRA, R. F.; ZAMBOLIM, L. Manejo integrado de doenças do feijoeiro. **Inf. Agropec.**, Belo Horizonte, v. 25, n. 223, p. 99-112, 2005.

SCHWARTZ, H. F.; STEADMAN, J. R. Moho blanco. In: PASTOR-CORRALES, M. A.; SCHWARTZ, H. F. (Eds.). **Problemas de producción del frijol en los trópicos**. 2 ed. Cali, Colômbia: CIAT, 1994.

OLIVEIRA, S. H. F.; KIMATI, H.; TOFOLI, J. G. Ação diferencial de fungicidas no ciclo de vida de *Sclerotinia sclerotiorum* do feijoeiro. **Summa Phytopathol**, Jaboticabal, v. 25, p. 256-261, 1999.

STEADMAN, J. R. Control of plant diseases caused by *Sclerotinia sclerotiorum*. **Phytopathology**, St. Paul, v. 69, p. 904-907, 1979.

SU, P.; YANG, X. B. Light, temperature, and moisture effects on apothecium production of *Sclerotinia sclerotiorum*. **Plant Dis.**, St. Paul, v. 84, p. 1287-1293, 2000.

TU, J. C. An integrated control of white mold (*Sclerotinia sclerotiorum*) of beans, with emphasis on recent aduanes in biological control. **Bot. Bull. Acad. Sin.**, Taipei, v. 38, p. 73-76, 1997.

VIEIRA, R. F.; PAULA JUNIOR, T. J. Semente: veículo de disseminação de patógenos. In: VIEIRA, C.; PAULA JUNIOR, T. J.; BORÉM, A. (Eds.). **Feijão**. Viçosa: UFV, 2006.

VIEIRA, R. F. et al. Fungicidas aplicados via água de irrigação no controle do mofo-branco no feijoeiro e incidência do patógeno na semente. **Fitopatol. Bras.**, Brasília, v. 26, p. 770-773, 2001.

VIEIRA, R. F.; PINTO, C. M. F.; PAULA JUNIOR, T. J. Chemigation with benomyl and fluazinam and their fungicidal effects in soil for white mold control on dry beans **Fitopatol. Bras.**, Brasília, v. 28, p. 245-250, 2003.

VIEIRA, R. F.; PINTO, C. M. F.; PAULA JUNIOR, T. J. Fungicide, row widths and plant densities affecting white mold intensity. **Ann. Rep. Bean Improv. Coop.**; East Lansing, v. 48, p. 128-129, 2005.

Podridões-Radiculares e Murcha-de-Fusarium

Eliana Cuéllar Fernandes

Maristella Dalla Pria

Olavo Corrêa da Silva

1 INTRODUÇÃO

Na cultura do feijão, as doenças causadas por fungos de solo constituem um complexo etiológico caracterizado pelas murchas e podridões responsáveis por diminuição de estande e vigor das plantas, situação que se agrava nas áreas irrigadas onde a redução de produtividade é maior. As podridões mais comumente encontradas são causadas por *Fusarium solani* (Mart.) Sacc. f. sp. *phaseoli* (Burkholder) e *Rhizoctonia solani* Kühn (RS). Esses patógenos ocorrem tanto isolados como em associação.

As podridões radiculares causadas por *R. solani* e *F. solani* f. sp. *phaseoli* são doenças tipicamente destrutivas, pois causam necrose dos tecidos. Entretanto, sob condições de água e nutrientes extremamente favoráveis ao desenvolvimento do hospedeiro, passam a ser também doenças espoliativas, uma vez que as plântulas conseguem sobreviver e atingir a maturação. Esses fungos apresentam alta eficiência com relação ao aproveitamento dos exsudatos da semente e/ou raízes das plântulas, que estimulam o crescimento micelial dos patógenos em direção ao

hospedeiro. Sendo assim, os fungos atingem rapidamente os tecidos das raízes e do hipocótilo das plântulas, onde colonizam as células da epiderme, penetrando em seguida nos tecidos.

Outra podridão radicular que vem se destacando é a murcha ou amarelecimento de fusarium, causada por *Fusarium oxysporum* (Schlecht.) f. sp. *phaseoli* Kendrick & Snyder. A doença ocorre em praticamente todas as regiões produtoras do Brasil e sua importância tem aumentado no Brasil Central, principalmente sob pivô central, devido a cultivos consecutivos de feijão na mesma área.

Este capítulo aborda as principais características relativas a etiologia, sintomatologia e epidemiologia desse complexo de patógenos; as respectivas medidas de controle serão abordadas no Capítulo 8, Parte IV.

2 MURCHA OU AMARELECIMENTO DE FUSARIUM

A murcha-de-fusarium, ou também denominada de amarelecimento de fusarium, é causada pelo fungo *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*, cuja espécie é a mais importante do gênero *Fusarium*. Esta doença está presente nas principais regiões produtoras do Brasil e possui relevante importância econômica, pois pode debilitar e/ou provocar a morte da planta de feijão, independentemente do estágio de desenvolvimento. O cultivo sucessivo da cultura do feijão pelo menos uma vez ao ano na mesma área e os poucos cuidados dispensados aos métodos de controle preventivos têm promovido o aumento da ocorrência e da severidade dessa doença em algumas regiões do país. O patógeno predomina em regiões de temperaturas mais altas e períodos de seca. Inicialmente, a murcha-de-fusarium ocorre em pequenas reboleiras, atingindo toda a área após alguns anos de cultivo. Em situações extremas, os danos provocados por essa doença podem atingir 85% das plantas de feijão presentes na lavoura.

2.1 ETIOLOGIA

O fungo *F. oxysporum* f. sp. *phaseoli* é o agente causal da murcha-de-fusarium, produzindo macroconídios, microconídios, e clamidósporos. Os macroconídios, raros em algumas raças, originam-se de conidióforos ramificados ou de esporodóquios, são fusóides e pontiagudos nas duas extremidades e apresentam paredes finas e de três a sete septos. Os macroconídios com três septos são mais comuns e têm de 27 a 46µm x 3,0 a 4,5 µm. Os microconídios apresentam formas variáveis, sendo ovais ou cilíndrico-elipsoidais, retos ou curvos, medindo de 5 a 12µm x 2,2 a 3,5µm. Os clamidósporos com paredes lisas ou rugosas são terminais ou intercalares, geralmente solitários ou ocasionalmente em pares ou cadeias. A penetração do patógeno ocorre geralmente próxima à ponta das raízes, mas também pode ocorrer por ferimentos.

2.2 SINTOMATOLOGIA

O fungo penetra pelo sistema radicular e causa descoloração ou escurecimento do tecido vascular, cuja intensidade depende da reação da cultivar, severidade da infecção e condições de ambiente. O crescimento do fungo no interior dos vasos pode dar ao tecido vascular coloração pardo-avermelhada. Os sintomas iniciais se manifestam através da perda de turgescência por parte da planta (murcha incipiente), seguida de amarelecimento progressivo das folhas inferiores para as superiores. A perda da turgescência nem sempre é visível em condições de campo. As margens das folhas infectadas podem se tornar necróticas e, com o desenvolvimento da doença, as mesmas adquirem um tom amarelo-claro, entrando em senescência prematura ou murcha permanente. Se a infecção é severa, a planta seca e morre e, sob condições de alta umidade, desenvolvem-se sobre o caule estruturas de coloração rosada, o micélio e os conídios do patógeno. Quando a infecção ocorre no estágio de plântula, estas apresentam crescimento reduzido e, quando adultas,

tornam-se raquíticas. A desfolha da planta pode ser parcial ou total. Esses sintomas podem ser confundidos com os causados por deficiência de fósforo. A doença pode afetar apenas parte das folhas ou ramos, devido à localização dos vasos colonizados pelo patógeno.

2.3 EPIDEMIOLOGIA

O fungo sobrevive no solo por vários anos na forma de clamidósporo (estrutura de resistência) ou em restos culturais. A severidade da doença é maior a 20°C e, em condições de campo, temperaturas na faixa de 26 a 28°C, solos arenoso e ácidos e estresse hídrico favorecem o desenvolvimento do patógeno. Após a inoculação, os esporos do fungo emitem um a dois tubos germinativos, que crescem em direção às raízes ou ao hipocótilo. A penetração do patógeno ocorre apenas na presença de ferimentos naturais ou artificiais. O fungo se move inter e intracelularmente até invadir os vasos do xilema, onde a infecção progride através do crescimento do micélio e do transporte dos microconídios pela seiva. O fungo pode ser transportado de um campo para outro principalmente através de sementes contaminadas; como esporo aderido à superfície da mesma; pelo vento; pelas enxurradas e água de irrigação; e pelo solo aderido aos equipamentos agrícolas. Recentemente, foram constatadas quatro raças fisiológicas do fungo no Brasil. A presença dos nematóides *Meloidogyne incognita*, *Meloidogyne javanica* e *Pratylenchus sp.* facilita o processo de infecção do fungo. A safra “das secas” é considerada como período crítico de infecção do patógeno, principalmente quando a planta se encontra entre o estágio V4 (terceira folha trifoliolada) a R6 (florescimento).

3 PODRIDÃO-RADICULAR

A podridão-radicular, ou podridão-radicular-seca, é causada pelo fungo *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli*, o qual ocorre de maneira geral em todas as regiões produtoras de feijão do Brasil. Este fungo de solo pode

comprometer a produção devido à redução acentuada do estande inicial, como consequência do baixo vigor das sementes, e devido a danos como a seca ou o encharcamento em situações de plantas estressadas com reduzido crescimento radicular. Em áreas de cultivo intensivo da cultura do feijão e de solo compactado, a doença adquire maior importância. Por sua vez, em áreas irrigadas pode ocorrer em associação sinérgica com *Rhizoctonia solani*, causando perdas significativas.

3.1 ETIOLOGIA

O agente causal *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli* produz macroconídios de 5,1 a 5,3µm x 44 a 55µm com três a quatro septos, raramente cinco, pouco curvos e com as pontas arredondadas ou ligeiramente afiladas. Os microconídios são ovais e de difícil observação. Os clamidósporos são globosos (6 a 16µm de diâmetro), terminais ou intercalares, isolados ou em cadeias curtas, e germinam quando estimulados por exsudatos do hospedeiro. A penetração deste patógeno é mais dependente de ferimentos provocados por outros microorganismos, podendo ser também direta através de hifas. O patógeno sobrevive sobre a matéria orgânica e próximo às raízes, podendo resistir, em solos cultivados com espécies não hospedeiras, por mais de 30 anos. Sua disseminação ocorre pelo vento, água e implementos agrícolas, através de partículas de solo e restos de cultura infectados. A longas distâncias, o patógeno é disseminado através de sementes contaminadas.

3.2 SINTOMATOLOGIA

Os sintomas iniciais são caracterizados por estrias longitudinais, de coloração avermelhada, no hipocótilo e raiz primária de plântulas. Essas estrias evoluem, dando lugar a lesões avermelhadas irregulares, sem forma nem bordas definidas, que coalescem com o desenvolvimento da doença, tornando-se marrons e se estendendo até a superfície do

solo. O sintoma típico concentra-se na raiz principal da planta de feijão, nos primeiros cinco centímetros a partir da superfície do solo, onde se observam fissuras longitudinais necróticas na raiz primária. As raízes secundárias geralmente são destruídas e raízes adventícias podem se desenvolver acima da área lesionada. O patógeno pode destruir todo o sistema radicular e, como resultado, o estande torna-se irregular, com plantas subdesenvolvidas e folhas prematuramente senescentes. A intensidade do ataque do fungo pode ser acentuada pela presença de larvas de *Diabrotica speciosa*.

3.3 EPIDEMIOLOGIA

O fungo sobrevive no solo através de estruturas de resistência (clamidósporo), saprofiticamente, e pela infecção de plantas hospedeiras. As condições favoráveis para a ocorrência de infecção deste patógeno são temperaturas moderadas, em torno de 18 a 22°C, e solos com excesso de umidade. Em condições de campo, os danos à cultura são mais relacionados à faixa de 22 a 32°C. A concentração do sistema radicular, provocada pela compactação, reduzida população microbiana e aumento da acidez do solo como consequência da redução da matéria orgânica e do uso intensivo de produtos químicos, assim como a dispersão dos restos culturais pelo arranquio e trilha, podem favorecer o estabelecimento e a manutenção de elevadas populações desse patógeno no solo. A ocorrência de períodos de seca pode prejudicar a planta que esteja com o sistema radicular danificado, resultando em maior redução da produção. A safra “das águas” e a safra “de inverno” são consideradas períodos críticos de infecção do patógeno, principalmente quando a planta se encontra entre o estágio V0 (germinação) e V3 (primeira folha trifoliolada). Com o desenvolvimento da planta de feijão, os tecidos começam a se lignificar e as paredes celulares vão engrossando pela deposição de pectatos de cálcio, tornando a planta mais resistente ao ataque do patógeno.

4 PODRIDÃO-RADICULAR DE RHIZOCTONIA

A podridão-radicular é uma das doenças mais comuns da cultura do feijão e uma das mais importantes no Brasil. É uma doença economicamente relevante, responsável pela diminuição do estande e mesmo quando a planta sobrevive à infecção, seu potencial produtivo dificilmente é atingido.

4.1 ETIOLOGIA

Rhizoctonia solani é um fungo que produz micélio estéril, pardo, com ramificações em ângulo de 90°, constrictas na base da ramificação e septadas próximo à inserção da hifa lateral. Esses tufo de micélio conhecidos como “colchões de infecção”, que funcionam como verdadeiros sítios de síntese de enzimas e toxinas, facilitam a penetração direta do patógeno. Sob condições favoráveis de clima e com o inóculo nas proximidades do hospedeiro, esse processo, até a visualização dos sintomas, é completado em cerca de 48 horas. No córtex, desenvolve-se a reação do hospedeiro mediante a concentração de compostos fenólicos que lignificam as células adjacentes aos tecidos infectados, promovendo, assim, a cicatrização da área afetada. Isso leva à formação de cancrios com intensa melanização como resultado final do processo de patogênese. Alguns isolados podem produzir estruturas de resistência denominadas de escleródios. A fase sexuada corresponde ao basidiomiceto *Thanatephorus cucumeris*.

4.2 SINTOMATOLOGIA

O fungo *R. solani* frequentemente ocorre associado a *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli*, dificultando a identificação correta do patógeno. As lesões causadas pelo fungo *R. solani* diferem das lesões de *F. solani* f. sp. *phaseoli* por serem deprimidas, com bordos bem definidos e de coloração mais escura. Os primeiros sintomas da podridão-radicular causados por *R.*

solani são caracterizados por pequenas lesões deprimidas, de coloração marrom-avermelhada, geralmente com bordos delimitados (mais escuros) nos tecidos localizados abaixo do nível do solo (parte basal do hipocótilo e raiz principal das plantas jovens). Devido à rapidez do processo, esse estágio dificilmente é observado em condições de campo. Com o desenvolvimento da doença, as lesões coalescem, tornando-se mais pronunciadas e formando cancrios avermelhados. Infecções severas podem reduzir o desenvolvimento da planta e acarretar sua morte. A infecção durante a emergência produz cancrios profundos nas plântulas, que podem sofrer estrangulamento do hipocótilo, resultando no tombamento das plântulas ou «damping-off» de pré e pós-emergência. Plântulas são altamente suscetíveis ao patógeno e plantas adultas são menos afetadas. O fungo pode ainda afetar vagens em contato com o solo, causando lesões aquosas ou manchas marrons e ocasionando manchas amareladas ou esbranquiçadas nas sementes.

4.3 EPIDEMIOLOGIA

O patógeno possui um grande número de plantas hospedeiras e sobrevive saprofiticamente no solo como escleródio ou como micélio associado à matéria orgânica ou a plantas perenes. Estes propágulos são encontrados com facilidade nas camadas superficiais do solo, principalmente nos primeiros 10 cm do perfil, devido a sua forte dependência de oxigênio. A detecção de cinco propágulos de *R. solani* por 100 g de solo seco tem sido relatada como o nível máximo tolerado de densidade de inóculo.

A disseminação deste patógeno ocorre pelo transporte de solo e restos de cultura infectados, através da água de irrigação, chuva e implementos agrícolas, principalmente pela trilhadora automotriz. O arranquio manual, enleiramento e trilha constituem alguns dos processos mais eficientes de disseminação e uniformização do inóculo na área. A semente também é um importante veículo de disseminação, porém, a transmissibilidade é baixa, provavelmente pela necessidade do contato das vagens com o

solo. O patógeno pode penetrar diretamente através da cutícula intacta ou de ferimentos.

A temperatura ótima de solo para a ocorrência das lesões é de 18°C; acima de 21°C, a severidade e o número de cancrios é bastante reduzido. A severidade é favorecida por solos compactados e por moderada a alta umidade.

São considerados períodos críticos de infecção do patógeno a safra “das águas” e a safra “de inverno”, principalmente quando a planta se encontra entre o estágio V0 (germinação) e V3 (primeira folha trifoliolada). Em condições normais, a resistência natural é alcançada de 20 a 25 dias após a semeadura.

5 REFERÊNCIAS

- BERNI, R. F.; SILVEIRA, P. M.; COSTA, J. L. S. Influência do preparo de solo e da rotação de culturas na severidade de podridões radiculares no feijoeiro comum. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 32, n. 2, p. 69-74, 2002.
- BIANCHINI, A.; MARINGONI, A. C.; CARNEIRO, S. M. T. P. G. Doenças do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*). In: KIMATI, H. et al. **Manual de fitopatologia**. 4. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 2005. v. 2.
- CARDOSO, J. E. Podridões radiculares. In: SARTORATO, A.; RAVA, C. A. **Principais doenças do feijoeiro comum e seu controle**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994.
- DALLA PRIA, M. et al. Diagnose das doenças. In: CANTERI, M. G.; DALLA PRIA, M.; SILVA, O. C. **Principais doenças fúngicas do feijoeiro**: orientações para manejo econômico e ecológico. Ponta Grossa: UEPG, 1999.
- FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. Manejo de doenças. In: FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de feijão**. Piracicaba: DEGASPARI, 2007.
- FURLAN, S. H. **Doenças bióticas e abióticas do feijoeiro**: guia de identificação e seu controle. Campinas: Instituto Biológico, 2004.

PAULA JUNIOR, T. J.; VIEIRA, R. F.; ZAMBOLIN, L. Manejo integrado de doenças do feijoeiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 25, n. 223, p. 99-112, 2004.

SARTORATO, A.; RAVA, C. A. Murcha ou amarelecimento de Fusarium. In: SARTORATO, A.; RAVA, C. A. **Principais doenças do feijoeiro comum e seu controle**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994.

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

PARTE III

INTERAÇÃO PATÓGENO- HOSPEDEIRO-AMBIENTE

Todo o homem tem direito à liberdade de opinião e expressão; este direito inclui a liberdade de, sem interferências, ter opiniões e de procurar, receber e transmitir informações e ideias por quaisquer meios, independentemente de fronteiras.

Declaração Universal dos Direitos Humanos – Artigo 19

Métodos de Avaliação das Doenças

Maristella Dalla Pria
Lilian Amorim

1 INTRODUÇÃO

A quantificação de doenças, ou fitopatometria, é necessária tanto para o estudo de medidas de controle, na determinação da eficiência de um fungicida ou na caracterização da resistência varietal, como para a epidemiologia, na construção de curvas de progresso da doença e na estimativa de danos provocados por ela. A avaliação da intensidade das doenças das plantas tem importância comparável ao seu correto diagnóstico.

Os sistemas de manejo integrado e sistemas de previsão e aviso de epidemias dependem de métodos uniformes e padronizados para a avaliação de doenças. A padronização tem início nos próprios termos utilizados. As doenças podem ser quantificadas por meio de avaliações da intensidade dos sintomas, expressas como incidência ou severidade.

A incidência é a porcentagem ou proporção de plantas ou órgãos doentes. Esse método é o mais simples, preciso e fácil de obter. A contagem do número de vagens com sintomas de antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) ou do número de plantas com murcha ocasionada por *Fusarium* sp. apresenta uma ideia clara da intensidade da doença, sem recorrer a nenhum tipo de subjetividade. Se, por exemplo,

em uma amostra de 100 vagens forem encontradas 20 com sintomas de antracnose, o nível de incidência da doença é de 20%. A incidência é o método ideal para quantificar doenças sistêmicas, como plantas com murcha de *Fusarium*, ou naquelas em que a ocorrência de doença reduz o seu valor comercial, como doenças em frutos. Porém, para certas doenças, em fases avançadas da epidemia, esse método não permite discernir com clareza a quantidade de doença, pois há grande probabilidade de ocorrer 100% de incidência.

A severidade é definida como a porcentagem ou proporção de área ou volume de tecido doente. Esse é o método mais adequado para a quantificação de doenças foliares como mancha-angular (*Pseudocercospora griseola*), ferrugem (*Uromyces appendiculatus*) e antracnose, uma vez que a área coberta pelos sintomas reflete bem a intensidade das doenças e apresenta melhor relação com os danos por elas provocados. As avaliações de severidade são extremamente laboriosas e mais subjetivas que as avaliações de incidência. Uma das estratégias mais usadas para minimizar esse inconveniente é o uso de escalas diagramáticas e chaves descritivas.

Softwares como o QUANT permitem que a quantificação da severidade, área foliar e outras características sejam diretamente avaliadas, utilizando-se, para tanto, pares de plantas escaneadas, fotografias ou mesmo imagens filmadas. Esse tipo de avaliação permite que os resultados sejam mais precisos do que aqueles onde o avaliador utiliza escalas diagramáticas ou chaves descritivas.

2 ESCALAS DIAGRAMÁTICAS E CHAVES DESCRITIVAS

Escalas diagramáticas são representações ilustradas de folhas ou outros órgãos com sintomas ou sinais, em diferentes níveis de severidade (Figuras 2, 3 e 4). Em alguns casos, a representação dos níveis de doença também pode ser feita por meio de fotografias das partes das plantas com diferentes níveis de intensidade de ataque dos patógenos. Existem

na literatura diversas publicações de escalas desenvolvidas para as mais variadas culturas e doenças.

As escalas servem como guias para os avaliadores que vão ao campo para determinar a severidade das doenças. Para que as avaliações sejam precisas, os avaliadores devem passar por um treinamento prévio, já que é bastante comum a vista humana superestimar a doença.

As chaves descritivas utilizam escalas arbitrárias, com um determinado número de graus, para quantificar doenças. Cada grau da escala deve ser apropriadamente descrito ou definido. A Tabela 1 apresenta diferentes níveis de antracnose. Algumas chaves descritivas bem elaboradas têm encontrado grande aceitação entre pesquisadores e são usadas com frequência.

Para outras doenças da cultura do feijão, como o mofo-branco (*Sclerotinia sclerotiorum*) e a mela (*Thanatephorus cucumeris*), determina-se a porcentagem de infecção de cada planta e calcula-se a média (promedio) para toda a parcela. A escala diagramática da Figura 5 é utilizada para a avaliação individual das plantas e seus níveis correspondem à chave descritiva da Tabela 2.

Para a quantificação de *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli* no solo é necessário avaliar em torno de dez plantas por parcela (Tabela 3) ou avaliar, de forma geral, a parcela toda, dando apenas uma nota. A época ideal para a avaliação é o início da floração e da formação de canivetes.

TABELA 1 – Chave descritiva para avaliação da antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) em vagens de feijão (*Phaseolus vulgaris*).

Nota	Grau de intensidade de doença
1	Vagens sem lesões
2	Vagens com algumas lesões, sem danos à produção e à qualidade do produto final
3	Vagens com várias lesões, que causam danos à produção e à qualidade do produto final
4	Vagens totalmente tomada por lesões, sem formação de grãos viáveis

Fonte: DALLA PRIA; AMORIM; CANTERI (1999).

3 ESTÁDIOS DE DESENVOLVIMENTO DA CULTURA DO FEIJÃO

A aplicação de medidas de controle para as principais doenças fúngicas da cultura do feijão depende do estágio de desenvolvimento em que foi constatada. Assim, a comparação de resultados de avaliações de intensidade de doença realizadas em diferentes ocasiões depende do estágio em que foram constatados os sintomas. O estabelecimento de um sistema padrão (Tabela 4 e Foto 1) tem o objetivo de facilitar comparações em relação ao desenvolvimento das plantas e aos danos causados pelas doenças, pois se sabe que plantas de mesmo genótipo semeadas sob distintas condições edafoclimáticas podem apresentar desenvolvimentos diferentes.

4 SOFTWARE PARA TREINAMENTO

Para o treinamento do pessoal técnico na avaliação da severidade das doenças é possível utilizar programas de computadores que possibilitem a aferição da vista do avaliador. Vários programas têm sido criados com este objetivo. O Distrain foi elaborado por Tormellin & Howell para treinamento de avaliadores em doenças de cereais, enquanto o Combro foi elaborado por Canteri & Giglioti para avaliação do complexo broca/podridão em cana-de-açúcar.

TABELA 2 – Chave descritiva para avaliação de mofo-branco (*Sclerotinia sclerotiorum*) e melão (*Thanatephorus cucumeris*) na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris*).

Nota	Grau de intensidade de doença
1	Sem sintomas visíveis da doença
3	5 a 10% da parcela avaliada infectada
5	20 a 30% da parcela avaliada infectada
7	40 a 60% da parcela avaliada infectada
9	Mais de 80% da parcela avaliada infectada

Fonte: CIAT (1987).

TABELA 3 – Chave descritiva para avaliação de *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli* na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris*)

Nota	Grau de intensidade de doença
1	Ausência de sintomas visíveis da doença
2	Aproximadamente 5% da área foliar com sintoma de murcha
3	Aproximadamente 10% da área foliar com sintoma de murcha
4	Aproximadamente 15% da área foliar com sintoma de murcha
5	Aproximadamente 25% da área foliar com sintoma de murcha e clorose. Início da descoloração vascular
6	Aproximadamente 40% da área foliar com sintoma de murcha, clorose e necrose limitada.
7	Aproximadamente 60% da área foliar com sintoma de murcha, clorose e necrose. Plantas com nanismo e descoloração vascular
8	Aproximadamente 80% da área foliar com sintoma de murcha, clorose e necrose. Plantas com nanismo e descoloração vascular. Início de desfolha
9	Mais de 80% da área foliar com sintoma de murcha, clorose, severo nanismo, descoloração vascular e desfolha prematura, conduzindo a planta à morte.

Fonte: SARTORATO; RAVA (1994).

5 RELAÇÃO INCIDÊNCIA/SEVERIDADE

Embora a incidência seja de obtenção mais fácil, é a severidade que apresenta maior correlação com danos provocados pelas doenças. Assim, é interessante estudar a relação entre essas duas variáveis para poder aplicá-la ao manejo integrado das doenças. Na estimativa de danos, deve-se utilizar a incidência somente quando ela apresentar alta correlação com a severidade.

Para a maioria das doenças foliares, a relação entre a severidade e a incidência é menos evidente. Uma relação linear entre estes dois parâmetros só tem sido estabelecida para níveis baixos de severidade. Isso ocorre porque, no início da epidemia, a doença cresce principalmente no espaço, com o aumento da incidência, ou seja, graças a novas unidades vegetais infectadas. Quando a maioria já apresenta sintomas (incidência

elevada), praticamente não há mais crescimento espacial. A partir daí, a evolução da doença em função do tempo dar-se-á exclusivamente mediante o aumento da severidade.

6 SENSORIAMENTO REMOTO

A intensidade das doenças também pode ser avaliada por meio de métodos de sensoriamento remoto. Por sensoriamento remoto entende-se um conjunto de técnicas capazes de obter informações de um objeto sem que haja contato físico com o mesmo. A aplicação de técnicas de sensoriamento remoto na avaliação de doenças baseia-se na refletância da radiação solar em certos comprimentos de onda, estimada por sensores especiais. Pragas e doenças são frequentemente responsáveis por muitos dos fatores que afetam a refletância da folhagem. Tecidos infectados, de modo geral, apresentam menor refletância na região do infravermelho, quando comparados com tecidos sadios. Portanto, a avaliação de doenças pode ser realizada com qualquer instrumento capaz de quantificar as refletâncias dessa faixa do espectro.

TABELA 4 – Estádios de desenvolvimento da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris*).

(continua)

Estádio(*)	Descrição(**)
V0	Germinação – absorção de água pelas sementes, emergência da radícula e sua transformação em raiz primária.
V1	Emergência – os cotilédones surgem ao nível do solo e inicia-se a separação. O epicótilo inicia seu desenvolvimento.
V2	Folhas primárias – folhas primárias totalmente abertas
V3	Primeira folha trifoliolada – abre-se a primeira folha trifoliolada e surge a segunda.
V4	Terceira folha trifoliolada – abre-se a terceira folha trifoliolada e as gemas; produção de ramos a partir dos nós inferiores.
R5	Pré-floração – surge o primeiro botão floral ou o primeiro rácimo. Os botões florais das variedades de crescimento determinado se formam no último nó das hastes. Nas variedades de crescimento indeterminado, os rácimos surgem primeiro nos nós mais baixos.

(conclusão)

Estádio(*)	Descrição(**)
R6	Floração – a primeira flor se abre.
R7	Formação das vagens – surge a primeira vagem, medindo mais de 2,5cm de comprimento.
R8	Enchimento de vagens – começa o enchimento da primeira vagem (crescimento da semente). No final deste estágio, as sementes perdem sua cor verde e começam a demonstrar as características das variedades. Inicia-se a desfolha.
R9	Maturação fisiológica – as vagens perdem sua pigmentação e começam a secar. As sementes desenvolvem a cor típica da variedade.

Fonte: SCHOONHOVEN; PASTOR-CORRALES (1987).

Notas: (*) V = vegetativa; R = reprodutiva; (**) Cada estágio se inicia quando 50% das plantas apresentam as condições correspondentes à descrição do estágio.

As técnicas disponíveis incluem fotografia aérea e radiômetros. Seu uso para a quantificação de doenças tem apresentado resultados promissores. Estudos têm empregado radiômetros de múltiplo espectro para quantificar a refletância das folhagens. Existem hoje no mercado diversos modelos portáteis de radiômetros, com peso não superior a 500 gramas, ideais para uso em larga escala no campo.

7 MÉTODOS DE AMOSTRAGEM

A amostragem é uma maneira de reunir informações de um campo sem que seja necessário percorrê-lo por completo. Ela deve ser criteriosa para que seja efetivamente representativa da população de plantas. A subestimativa ou superestimativa da quantidade de doença pode conduzir o agricultor a tomar uma decisão errônea, o que acarretará prejuízos futuros.

Os avaliadores devem obter uma estimativa precisa e imparcial da severidade ou incidência das doenças, bem como registrar o estágio de desenvolvimento da cultura, já que as avaliações de quantidade de doença estão frequentemente relacionadas à idade da planta. Na avaliação dos sintomas, devem ser considerados os tecidos cloróticos e necróticos associados às áreas infectadas.

Se a área da lavoura for grande, a primeira providência é dividi-la em talhões com características semelhantes. Assim, áreas em baixadas são amostradas em separado de áreas elevadas. Em seguida, as amostras são coletadas de maneira sistemática. Por exemplo, a cada dez linhas deve-se atravessar o talhão, coletando uma planta a cada 20 metros, ou então percorrer o talhão diagonalmente, coletando uma planta a cada 20 metros (Figura 1).

8 AMOSTRAGEM PARA ANTRACNOSE E MANCHA-ANGULAR

O controle da antracnose e da mancha-angular deve ser executado no início das epidemias. Nessa fase, os sintomas ainda são pouco visíveis e estão espalhados em diferentes áreas do campo de produção. Para que o tamanho das amostras seja representativo, as plantas devem ser coletadas de acordo com um dos caminhamentos sugeridos na Figura 1.

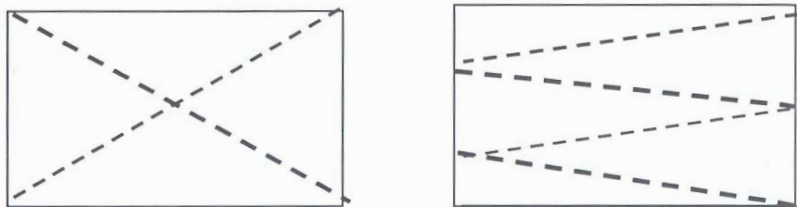


FIGURA 1 – Exemplos de caminhamento em uma gleba para coleta de amostras. Em diagonal ou em “M”

Fonte: DALLA PRIA; AMORIM; CANTERI (1999).

A época de amostragem inicia-se 20 dias após a emergência da cultura (DAE) e deve ser repetida semanalmente. Na safra “das águas”, deve-se ficar atento aos sintomas iniciais de antracnose nas folhas, hastes e pecíolos. Já na safra “das secas”, a atenção volta-se aos sintomas iniciais de mancha-angular, principalmente nas folhas primárias (Foto 16), que apresentam formato de lesão atípico, assemelhando-se a círculos concêntricos. Em casos de semeadura de feijão após feijão, o início da amostragem pode ser antecipado para 15 DAE.

Com as plantas em mãos, deve-se procurar sintomas nas folhas, hastes e vagens e, se ainda presentes, também nas folhas primárias, anotando-se o número de órgãos com sintomas e o número total coletado. É importante lembrar que os sintomas iniciais de antracnose ocorrem em reboleira (dispersão em agregados) e que eles podem estar presentes nas nervuras do verso das folhas e também em hastes. Quando há formação de vagens, deve-se tomar cuidado para que não haja confusão entre os sintomas de antracnose e os de mancha-angular. As lesões de antracnose são deprimidas (Foto 15), ao passo que as de mancha-angular não provocam depressão nas vagens e apresentam formato menos arredondado. Além disso, é preciso ter cuidado para não se confundir sintomas iniciais de antracnose com danos às nervuras provocados por insetos raspadores.

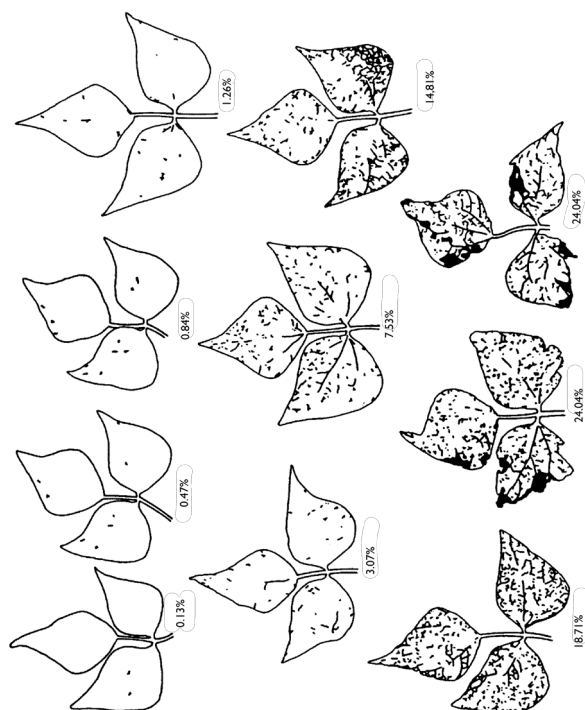


FIGURA 2 – Escala diagramática para avaliação da severidade da antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris*).

Fonte: DALLA PRIA (1997).

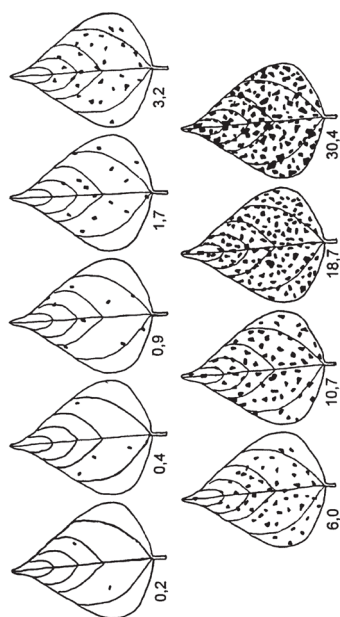


FIGURA 3 – Escala diagramática para avaliação da severidade da mancha-angular (*Pseudocercospora griseola*) da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris*).

Fonte: GODOY (1997).

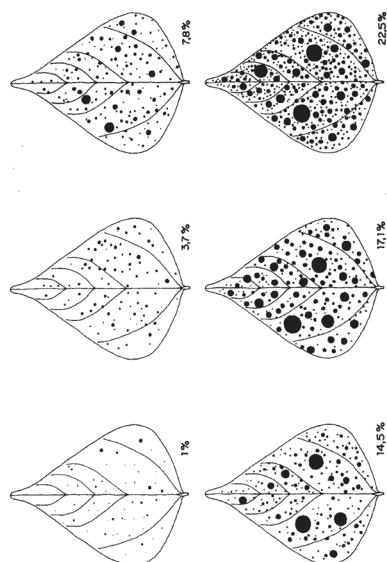


FIGURA 4 – Escala diagramática para avaliação da severidade da ferrugem (*Uromyces appendiculatus*) da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris*).

Fonte: IAMAUTI (1995).

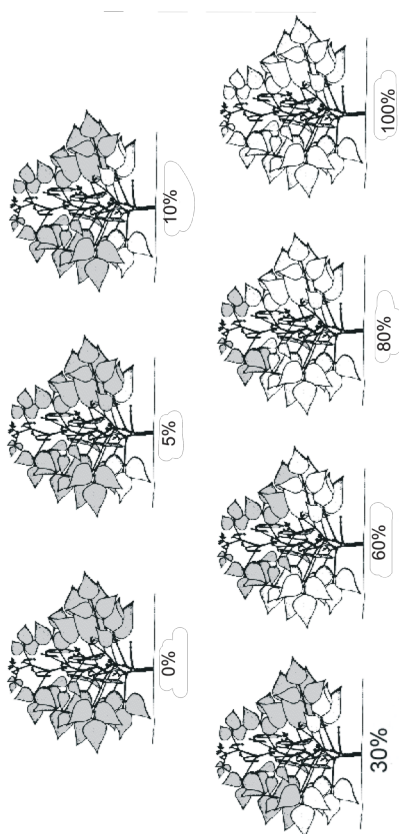


FIGURA 5 – Escala diagramática para avaliação da severidade do mofo-branco (*Sclerotinia sclerotiorum*) e da mela (*Thanatephorus cucumeris*) da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris*).

Fonte: Adaptado de SCHOONHOVEN; PASTOR-CORRALES (1987).

9 REFERÊNCIAS

AMADOR, P. A. **Estimativa da duração do período de molhamento por orvalho em feijoeiro, baseada em parâmetros de estações climatológicas padrões.** Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1987.

AMORIM, L. Avaliação de doenças. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. **Manual de fitopatologia: princípios e conceitos.** 2. ed. São Paulo: Ceres, 1995.

ANDREI, E. **Compêndio de defensivos agrícolas.** 7. ed. São Paulo: Andrei, 2005.

AVANCES de los programas: Frijol. **CIAT Internacional**, Cali, v. 3, n. 1, p. 10, 1984.

AZEVEDO, L. A. S. Tratamento de sementes com fungicidas, visando controle de patógenos da parte aérea. In: Simpósio Brasileiro de Patologia de Sementes, 4., 1996, Gramado. **Resumos...** Gramado: ABRATES/COPASEM, 1996, p. 83-89.

BACCHI, L. M. A. **Quantificação de parâmetros monocíclicos relacionada a epidemias no sistema *Uromyces appendiculatus* feijoeiro**. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1993.

BASSANEZI, R. B. **Interações entre o mosaico-em-desenho do feijoeiro e de duas doenças fúngicas, ferrugem e mancha angular, em plantas de feijoeiro**. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade São Paulo, Piracicaba, 1995.

BERGAMIN FILHO, A. Curvas de progresso da doença. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. **Manual de fitopatologia: princípios e conceitos**. 2. ed. São Paulo: Ceres, 1995.

BERGAMIN FILHO, A. et al. Angular leaf spot of *Phaseolus* beans: relationships between disease, healthy leaf area, and yield. **Phytopathology**, Palo Alto, v. 87, p. 506-515, 1997.

BERGAMIN FILHO, A.; AMORIM, L. **Doenças de plantas tropicais: epidemiologia e controle econômico**. São Paulo: Ceres, 1996.

BERGER, R. G. Measuring diseases intensity. **Biological and Cultural**, Tets, v. 3, p. 1-4, 1988.

CAMPBELL, C. L.; MADDEN, L. V. **Introduction of plant disease epidemiology**. New York: John Wiley, 1990.

CANTERI, M. G. **Uso de medidas da área foliar sadia e refletância no manejo da mancha angular do feijoeiro**. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.

_____. **Verificação, validação e análise de sensibilidade de um modelo de simulação de epidemias para a ferrugem do feijoeiro**. Dissertação (Mestra-

do em Fitopatologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1993.

CARDONA-ALVAREZ, C.; WALKER, J. C. Angular leaf spot of bean. **Phytopathology**, Palo Alto, v. 46, p. 610-615, 1956.

CARDOSO, J. E. Mofo Branco. In: **Principais doenças do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: POTAFÓS, 1994.

CROUS, P. W. et al. Re-evaluating the taxonomic status of *Phaeoisariopsis griseola*, the causal agent of leaf spot of bean. **Studies in Mycology**, v. 55, p. 163-173, 2006.

DALLA PRIA, M. **Quantificação de parâmetros monocíclicos da antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) e da mancha angular (*Phaeoisariopsis griseola*) do feijoeiro**. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1997.

_____; AMORIM, L.; CANTERI, M. G. Métodos de avaliação de doenças. In: CANTERI, M. G.; DALLA PRIA, M.; SILVA, O. C. **Principais doenças fúngicas do feijoeiro: orientações para manejo econômico e ecológico**. Ponta Grossa: UEPG, 1999.

_____; BERGAMIN FILHO, A.; AMORIM, L. Quantificação dos componentes monocíclicos da antracnose do feijoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 28, p. 401-407, 2003.

_____; BERGAMIN FILHO, A.; AMORIM, L. Quantificação dos componentes monocíclicos da mancha angular do feijoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 28, p. 394-400, 2003.

FURLAN, S. H. **Doenças bióticas e abióticas do feijoeiro: guia de identificação e controle**. 2. ed. Campinas: Instituto Biológico, 2007.

GODOY, C. V. **Danos causados pela mancha angular em feijoeiro, no município de Piracicaba**. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1995.

_____. et al. Diagrammatic scale for bean diseases: development and validation. **Journal of Plant Disease and Protection**, v. 104, p. 336-345, 1997.

HAWKSWORTH, D. L. et al. **Dictionary of the fungi**. 8. ed. Wallingford: CAB International, 1995.

IAMAUTI, M. T. **Avaliação de danos causados por *Uromyces appendiculatus* no feijoeiro**. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1995.

MAFFIA, L. A. et al. Quantificação de doenças de plantas. In: ALFENAS, A. C.; MAFIA, R. G. **Métodos em Fitopatologia**. Viçosa: UFV, 2007.

MAFFIA, L. A.; MIZUBUTI, E. S. G. Quantificação da intensidade da doença. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FITOPATOLOGIA, 32., Curitiba. **Epidemiologia: aspectos práticos da avaliação de doenças**. Curitiba, 1999. Mini-curso.

MENDES, B. M. J. **Influência de parâmetros de clima e do hospedeiro no desenvolvimento da ferrugem do feijoeiro (*Uromyces phaseoli* var. *typica* Arth.)**. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1987.

MENDES, B. M. J.; BERGAMIN FILHO, A. Adaptação da técnica de cultura de folha destacada para a quantificação dos parâmetros epidemiológicos monocíclicos da ferrugem do feijoeiro (*Uromyces phaseoli* var. *typica*). **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 11, p. 103-114, 1986.

REIS, E. M.; CASA, R. T. **Doenças dos cereais de inverno: diagnose, epidemiologia e controle**. 2. ed. Lages: Graphel, 2007.

SAETTLER, A. W. Angular leaf spot. In: HALL, R. **Compendium of bean diseases**. St. Paul: APS Press, 1994.

SCHWARTZ, H. F. Anthracnose. In: HALL, R. **Compendium of bean diseases**. St. Paul: APS, 1994.

TU, J. C.; AYLESWORTH, J. W. An effective method of screening white (pea) bean seedlings (*Phaseolus vulgaris* L.) for resistance to *Colletotrichum lindemuthianum*. **Phytopathology Zeitschrift**, v. 99, p. 131-137, 1980.

VALE, F.X.R. et al. A software to quantify plant disease severity. In: INTERNACIONAL WORKSHOP ON PLANT DISEASE EPIDEMIOLOGY, 8., 2001, Ouro Preto. **Proceedings...** Ouro Preto: International Society of Plant Pathology, 2001. p. 160.

Ambiente e Doenças Fúngicas

Marcelo Giovanetti Canteri

Olavo Corrêa da Silva

Rodrigo Yoiti Tsukahara

1 INTRODUÇÃO

A ocorrência de doença em plantas depende da presença do hospedeiro suscetível, do patógeno e também de condições climáticas favoráveis, principalmente relacionadas ao processo de infecção. Os três fatores formam o triângulo doença e são igualmente importantes para ocorrência de epidemias.

2 PATÓGENO

Em algumas situações não se tem doença pela simples ausência do patógeno, isto é, o hospedeiro está presente, o clima está favorável à infecção, mas não há o patógeno. Como exemplo tem-se lavouras de feijão semeadas logo após o inverno (cultivo das “águas”) em áreas com rotação de culturas na região Sul do Brasil. Sob essas condições, há pouco inóculo do fungo *Phaeoisariopsis griseola* e a mancha-angular, apesar da presença do hospedeiro e de clima favorável, só aparecerá no final do ciclo da cultura, sem provocar danos às plantas (Figura 1).

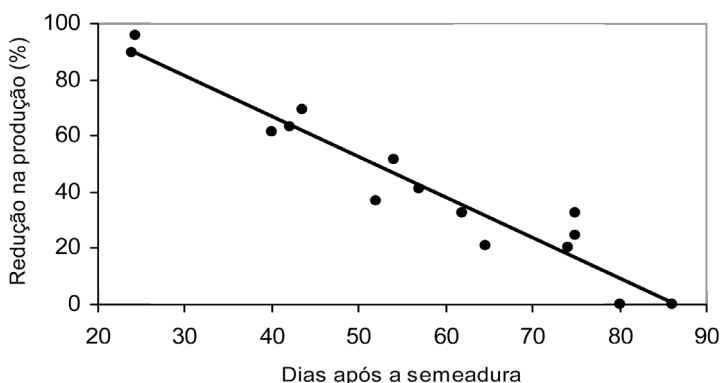


FIGURA 1 – Redução na produção (dano) observada em função época de constatação de 0,5% de severidade da mancha-angular (*Phaeoisariopsis griseola*), para a região sul do Paraná.

O entendimento desse conceito facilita recomendações de medidas de controle adequadas. Permite entender porque a rotação de culturas é útil para controlar doenças, principalmente aquelas em que o patógeno pode sobreviver em restos culturais. Essa técnica reduz a presença de um dos vértices do triângulo, o patógeno, afetando a sua sobrevivência.

A quantidade de inóculo e o clima favorável interagem, ou seja, quando há elevada pressão de inóculo, como para mancha-angular em final de safra, o clima passa a ter menor importância para ocorrência de epidemias da doença. Para a antracnose, na qual a epidemia geralmente inicia-se com pequena quantidade de inóculo do fungo, o clima passa a ser o fator principal, regulando a ocorrência e a velocidade da epidemia.

3 AMBIENTE (CLIMA)

Dentro do triângulo da doença, o ambiente é representado pelas condições climáticas e pelos fatores edáficos envolvidos na relação patógeno-hospedeiro. O ambiente pode influenciar o progresso de doenças afetando:

- » o patógeno em sua sobrevivência e dispersão;

- » o hospedeiro, nos mecanismos de defesa da planta ou no seu crescimento,
- » a interação entre patógeno e hospedeiro, nos processos de infecção e colonização.

O processo de infecção regula cerca de 80% da possibilidade de ocorrência de epidemias, e a água livre e a temperatura são os dois principais fatores climáticos responsáveis pela infecção provocada por patógenos foliares. Dentre as condições climáticas, a umidade e a temperatura são as que mais influenciam o desenvolvimento das doenças. A umidade é fator determinante para ocorrência de doenças em plantas, principalmente as doenças foliares. A temperatura age como um catalizador, ou seja, retarda ou acelera o ciclo do patógeno. O número de gerações de um patógeno, de esporo a esporo (período latente) é função da temperatura.

A duração do período de molhamento necessário para o estabelecimento das doenças depende da temperatura. O molhamento foliar determina a quantidade de esporos que germinam e penetram no tecido do hospedeiro, enquanto a temperatura determina a velocidade e a extensão da infecção.

3.1 PERÍODO DE MOLHAMENTO

Em relação à umidade, o importante não é a precipitação total ou o excesso hídrico, mas sim o período de molhamento, ou seja, o período de tempo durante o qual chuva ou orvalho (água livre) permanece sobre a parte aérea da planta. A importância do orvalho para o período de molhamento é acentuada, principalmente quando a precipitação não é frequente.

A presença de orvalho é importante para a ocorrência de doenças, pois a maioria dos patógenos necessita de água livre na superfície foliar

para a germinação e penetração no hospedeiro. A presença ou ausência do orvalho pode permitir ou paralisar o desenvolvimento do tubo germinativo do patógeno. O processo de penetração pode ser paralisado pela morte do tubo germinativo quando o molhamento cessa antes de completar-se a penetração.

3.2 TEMPERATURA

A temperatura é o fator ambiental mais estudado em relação à ocorrência e ao desenvolvimento das doenças, tendo papel limitante nas fases de germinação, crescimento do tubo germinativo, formação do apressório, penetração e colonização. Temperaturas abaixo e acima de valores mínimos e máximos requeridos para a infecção evitam o estabelecimento do patógeno. Assim, temperaturas acima de 27°C não permitem a germinação de um grande número de fungos fitopatogênicos. A melhor temperatura para germinação de esporos nem sempre é a mesma para a colonização e expressão de sintomas.

A temperatura influencia vários fatores no monociclo, isto é, no período de uma geração do patógeno, tais como:

- » **período latente:** período de tempo entre a inoculação e a produção de esporos;
- » **período incubação:** período de tempo entre a inoculação e o aparecimento dos sintomas;
- » **frequência de infecção:** número de lesões produzidas por unidade de área, por uma concentração determinada de esporos.

É interessante ressaltar que temperaturas abaixo do mínimo requerido para o desenvolvimento do patógeno normalmente fazem com que o período latente se prolongue, o que pode ser interpretado como um fator de sobrevivência do fungo.

TABELA 1 – Período após a inoculação para visualização dos primeiros sintomas das principais doenças da parte aérea da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris*), sob condições climáticas favoráveis.

DOENÇA	AGENTE CAUSAL	NÚMERO DE DIAS
Mancha angular	<i>Phaeoisariopsis griseola</i>	8 dias (24°C)
Antracnose	<i>Colletotrichum lindemuthianum</i>	2 dias (25°C)
Ferrugem	<i>Uromyces appendiculatus</i>	10 dias (24°C)

3.3 PREVISÃO DE DOENÇAS EM FUNÇÃO DO AMBIENTE

A temperatura pode afetar todos os componentes do patossistema, como o crescimento do hospedeiro e o desenvolvimento das doenças. Umidade relativa, molhamento foliar, chuva e a umidade do solo são as variáveis da umidade mais frequentemente medidas em estudos epidemiológicos. O molhamento foliar proveniente do orvalho, nevoeiro, irrigação ou chuva afeta as epidemias causadas por patógenos foliares e é o elemento chave em muitos sistemas de previsão de doenças. A duração do molhamento foliar é geralmente uma das variáveis de maior interesse em estudos epidemiológicos, embora a quantidade e a forma possam também exercer grande efeito nas doenças.

Pesquisadores têm tentado descrever o processo de infecção em função da temperatura e da duração do molhamento foliar. Equações matemáticas geralmente são usadas para descrever o efeito de fatores do ambiente na infecção, tais como temperatura e molhamento foliar, de modo a se obter gráficos como o da Figura 2. Os sistemas de previsão de doenças podem se utilizar das equações ou das relações gráficas apresentadas entre horas de molhamento e temperatura.

Sistemas de alerta e de previsão de doenças de plantas utilizam a duração do período de molhamento e temperatura, entre outras variáveis, para estabelecer os níveis de severidade de doenças, a exemplo do míldio da videira, da requeima da cultura da batata e da sarna da cultura

da macã. Para as doenças da cultura do feijão, são apresentadas, mais adiante, as principais vantagens e desvantagens em se adotar um sistema de previsão baseado no clima para controle das doenças.

3.4 CONDIÇÕES CLIMÁTICAS FAVORÁVEIS AO DESENVOLVIMENTO DAS DOENÇAS

Mancha-angular

Em dados obtidos em ambiente controlado, a severidade e o período de incubação são sensivelmente afetados pela temperatura (Figura 2). A máxima severidade ocorre na faixa de temperatura entre 21 e 25°C, e o menor período de incubação a 25°C. Temperaturas abaixo e acima dessa faixa atrasam o desenvolvimento da doença e, conseqüentemente, prolongam o período de incubação. Em temperaturas inferiores a 60C ou superiores a 29°C não são observados sintomas da mancha-angular, tanto para a cultivar Carioca quanto para a cultivar Rosinha. A infecção e a colonização de *P. griseola* são favorecidas pela temperatura de 24°C e, nessa temperatura, os primeiros sintomas da mancha angular surgem oito dias após a inoculação do patógeno.

O incremento na severidade da mancha-angular numa mesma folha deve-se principalmente ao crescimento das lesões. A taxa de crescimento das lesões, que está relacionada à velocidade de colonização dos tecidos pelo fungo, aumenta à medida que a temperatura se aproxima do ponto ótimo para o desenvolvimento da doença, em torno de 25°C. Como consequência do aumento na taxa de crescimento das lesões, ocorre aumento no tamanho médio das manchas, o que ocasiona rápida coalescência das mesmas.

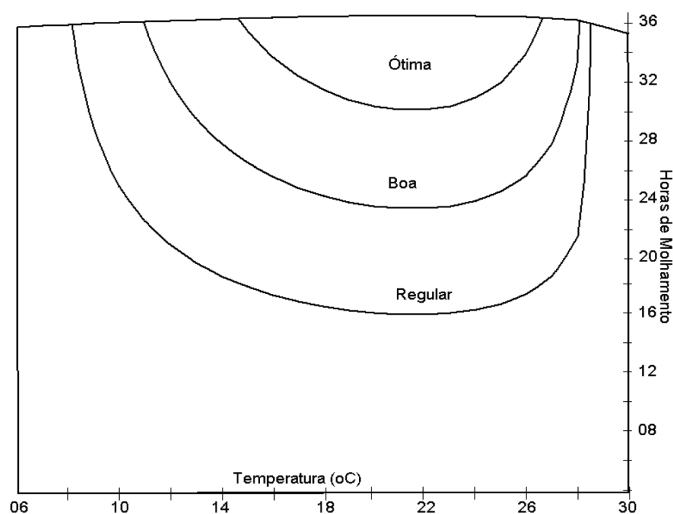


FIGURA 2 – Condições de favorabilidade climática para ocorrência de infecção por *Phaeoisariopsis griseola*, causando mancha-angular na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris*), em função das horas de molhamento foliar e da temperatura durante este período.

Em relação ao período de molhamento foliar, verificou-se que períodos superiores a seis horas são requeridos para início do processo de infecção, e que a severidade da mancha-angular na cultura do feijão aumenta à medida que ocorre aumento no período de molhamento foliar, até o máximo estudado de 54 horas.

Antracnose

A temperatura tem grande influência sobre a severidade e sobre o período de incubação da antracnose da cultura do feijão (Figura 3). A temperatura mínima para o desenvolvimento da antracnose está entre 6°C e 10°C, e a máxima entre 29°C e 33°C. Quando plantas são mantidas em câmaras de crescimento sob período de molhamento de 48 horas e temperatura constante de 28°C ou mais, poucos ou nenhum sintoma se desenvolvem, ao passo que aquelas mantidas a 16°C ou 20°C são severamente atacadas. Plantas em regime de temperatura de 28°C (diurna)/16°C (noturna) ou 32°C (diurna)/10°C (noturna) apresentam moderados sintomas da doença.

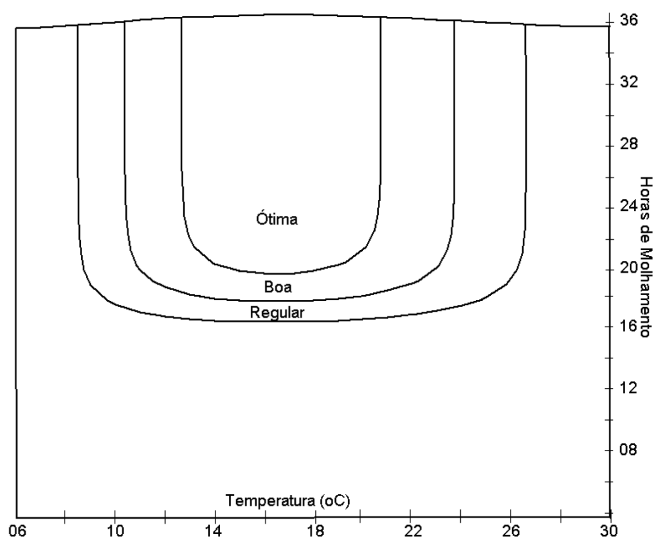


FIGURA 3 – Condições de favorabilidade climática para ocorrência de infecção por *Colletotrichum lindemuthianum*, causando antracnose da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris*), em função das horas de molhamento foliar e da temperatura durante este período.

Em condições de campo, altas temperaturas reduzem a severidade da antracnose do feijoeiro, entretanto, é comum se observarem temperaturas no campo na faixa de 25 a 35°C e, ainda assim, a doença continuar a progredir. Isto provavelmente se deve ao fato de as baixas temperaturas noturnas estarem moderando o efeito das altas temperaturas diurnas, fornecendo condições ambientais favoráveis à infecção e ao desenvolvimento da doença.

Em relação ao período de incubação, quanto maior a temperatura, mais rapidamente se desenvolvem os sintomas da antracnose, até a temperatura limite de 28°C. Sob temperatura favorável à manifestação dos sintomas (25°C), os primeiros traços da doença surgem 48 horas após a inoculação e 50% das lesões aparecem entre 105 horas (4,4 dias) a 125 horas (5,2 dias).

Além da temperatura, o molhamento foliar é outro fator essencial para que o processo de infecção, e consequentemente a doença, se desen-

volva. É necessário um determinado período de molhamento logo após a deposição dos conídios sobre as plantas para que ocorra a infecção nas mesmas. Período de molhamento foliar entre 18 e 24 horas proporciona acentuado aumento de tecido doente. O período mínimo de umidade para que o processo de infecção por *C. lindemuthianum* inicie está entre 5 e 6 horas de molhamento foliar.

A combinação dos dados referentes à temperatura e à duração do molhamento foliar com a severidade da antracnose da cultura do feijão pode ser observada na Figura 3. A máxima severidade ocorre na faixa de 15 a 19°C e 24 horas de molhamento.

Ferrugem

A temperatura tem acentuado efeito sobre a ferrugem na cultura do feijão. A maior frequência de infecção (número de pústulas por folíolo) ocorre em temperaturas em torno de 15°C e o menor período latente (período de tempo compreendido entre a inoculação e a produção de esporos) na faixa de 22 a 24°C. A temperatura mínima para o desenvolvimento da doença está entre 7 e 9°C e a máxima um pouco acima de 27°C.

A temperatura tem efeito na produção de esporos, no período latente e na germinação de esporos. A frequência de infecção aumenta com o aumento do número de horas de molhamento até 20 horas de molhamento. O efeito combinado da temperatura e do período de molhamento pode ser verificado na Figura 4. A temperatura e a duração do molhamento foliar são fatores determinantes na quantidade final de doença.

Na região Sul, a cultura do feijão semeada em junho-setembro está mais sujeita ao ataque de ferrugem do que aquelas semeadas em outubro-janeiro. O período de molhamento foliar mínimo para ocorrência da ferrugem é inferior a 6 horas. A frequência de infecção aumenta com a duração do molhamento foliar até o máximo de 20 horas.

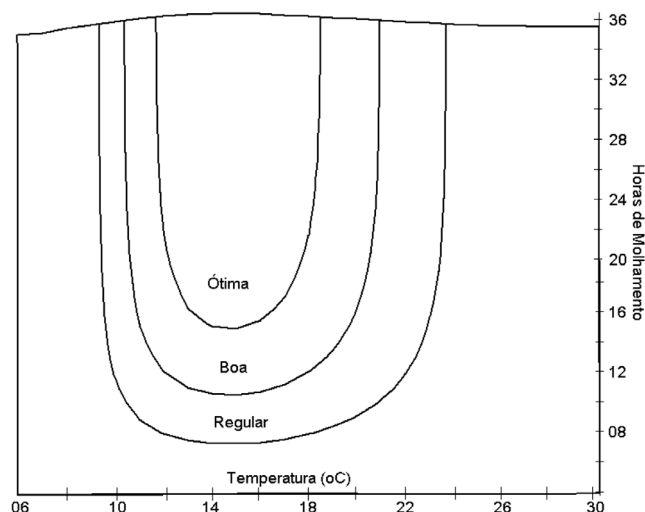


FIGURA 4 – Condições de favorabilidade climática para ocorrência de infecção por *Uromyces appendiculatus*, causando ferrugem na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris*), em função das horas de molhamento foliar e da temperatura durante este período.

Mofa-branco

O patógeno causador do mofa-branco na cultura do feijão (*Sclerotinia sclerotiorum*), sobrevive no solo por um período superior a quatro anos, por meio de escleródios. Quando as condições de umidade e temperatura são favoráveis, os escleródios germinam e produzem apotécios. Nesses, por sua vez, são produzidos ascósporos que são liberados, germinam e colonizam as flores em fase de senescência.

A infecção das plantas de feijão ocorre apenas após o início do florescimento. Colonizando as flores, o micélio fúngico passa para os tecidos adjacentes. Os tecidos infectados morrem rapidamente e o fungo pode se disseminar de uma planta para outra por meio do micélio que cresce em tecidos doentes e entram em contato com tecido saudáveis. Os escleródios são produzidos no tecido infectado ou sobre ele e caem no solo, podendo ainda permanecer em restos culturais. Quando a umidade está alta por várias semanas e a temperatura do solo em torno de 15 a 18°C, os escler-

ródios são produzidos em 10 a 14 dias. Os apotécios podem permanecer produzindo ascósporos por um período de 5 a 10 dias. A doença se desenvolve numa faixa de temperatura de 5 a 30°C, e o processo é acelerado se a temperatura estiver entre 20 e 25°C.

4 INFORMAÇÕES AMBIENTAIS PARA CONTROLAR DOENÇAS

Sob condições práticas, o homem é outro fator importante para a ocorrência da doença. Ele decide quais as práticas culturais e quais cultivares serão utilizadas na lavoura, afetando desse modo o ambiente, o hospedeiro e indiretamente a população do patógeno. Se a doença progride durante ou entre a estação de cultivo (progresso em relação ao tempo), ou ainda se progride de uma planta para outra (progresso em relação ao espaço) tem-se uma epidemia. No início da epidemia, quando ocorrem baixos níveis de severidade, o progresso da doença é mais rápido (Figura 5), entretanto, em altos níveis de severidade o progresso da epidemia é limitado pela redução de tecido sadio. Assim, na maioria dos casos é recomendável controlar a doença no início da epidemia, evitando-se a fase de rápido progresso.

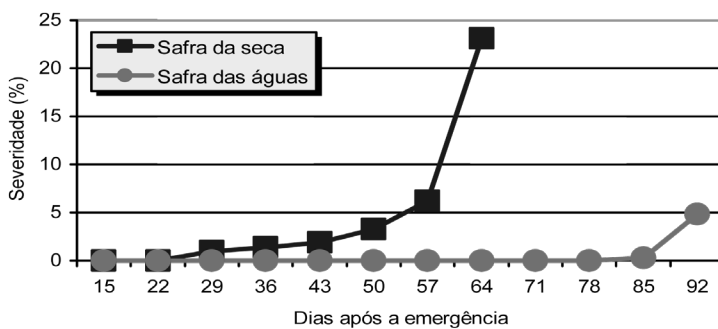


FIGURA 5 – Curvas de progresso de mancha-angular (*Phaeoisariopsis griseola*) típicas, observadas no cultivo das “águas” e no cultivo das “secas”, na região sul do Paraná.

Em um estudo de caso utilizando-se como exemplo uma lavoura de feijão com um cultivar suscetível à antracnose, se nessa lavoura não for

realizado tratamento de sementes e não se utilizar rotação de culturas, haverá na área alto inóculo inicial da doença. Ademais, se durante a safra ocorrerem condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento da antracnose, haverá uma alta taxa de aumento da epidemia e, consequentemente, elevados danos à cultura.

Outro exemplo é a aplicação de fungicidas em área atacada por mancha-angular. Observe-se o atraso na fase de rápido progresso da epidemia na Figura 6 em função da aplicação de fungicidas na parte aérea, influenciando a taxa de aumento da epidemia.

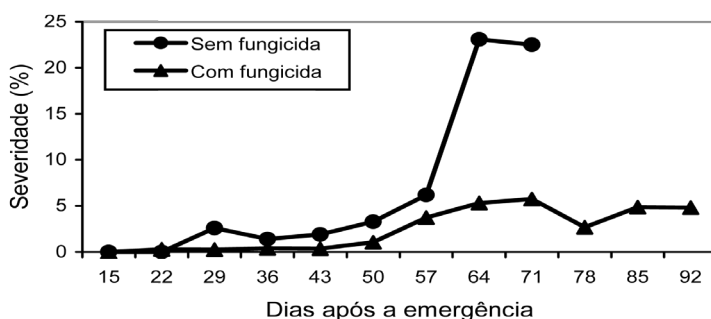


FIGURA 6 – Influência da aplicação de fungicidas nas curvas de progresso de mancha-angular (*Phaeoisariopsis griseola*), observadas em parcelas com e sem tratamento da parte aérea. Pulverizações realizadas aos 20, 30, 40, 50 e 60 dias após a emergência.

Além de informações sobre inóculo, também informações sobre o clima podem ser utilizadas para controlar doenças. As Figuras 2, 3 e 4 apresentaram a variação de necessidades climáticas para ocorrência de epidemias de mancha-angular, antracnose e ferrugem. A Figura 7 sumariza o efeito da temperatura no processo de infecção para essas doenças. As informações sobre condições favoráveis para infecção podem ser utilizadas para monitorar áreas de produção com auxílio de estações meteorológicas automatizadas. Se em uma área com cultivar suscetível à antracnose houve a chegada de uma frente fria proporcionando mais de 20 horas de molhamento com temperaturas na faixa de 15 a 17°C, sabe-se de antemão que haverá epidemia da doença e, portanto, deve-se proteger a área.

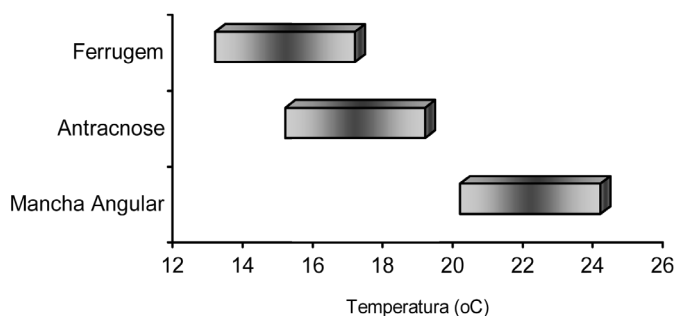


FIGURA 7 – Faixas de temperatura ótima para infecção pelos patógenos que ocasionam a ferrugem (*Uromyces appendiculatus*), antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) e mancha-angular (*Phaeoisariopsis griseola*) na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris*).

Em função de características climáticas e acúmulo de inóculo das principais doenças no transcorrer da safra, pode-se estabelecer gráficos regionais para épocas de maior ocorrência de epidemias e assim direcionar esforços para o controle das doenças. A Figura 8 apresenta o comportamento esperado para epidemias de ferrugem, antracnose e mancha-angular para a região sul do estado do Paraná.

As informações sobre clima favorável à ocorrência de doenças também podem ser utilizadas para mapear regiões. A Figura 9 apresenta estudo realizado com dados históricos de oito anos, utilizando-se horas de molhamento e temperatura e indicando que, no mês de outubro, a região sul do estado do Paraná apresenta áreas mais escuras, altamente favoráveis à epidemias de antracnose. Portanto, nessas áreas, em função do histórico, recomenda-se o controle preventivo da doença. Ainda em relação à antracnose, em áreas mapeadas mais claras, pouco favoráveis à antracnose, pode-se utilizar dados de previsão de tempo para identificar a chegada de frentes frias e assim proceder às pulverizações preventivas e protetoras.

Em resumo, a ocorrência de antracnose é mais dependente do clima e está associada à chegada de frentes frias na época de plantio do feijoeiro, principalmente no que diz respeito à época de cultivo das “águas”.

As frentes frias chegam trazendo umidade e temperaturas baixas, condições propícias à ocorrência da doença. A mancha angular depende mais de acúmulo de inóculo no transcorrer da safra.

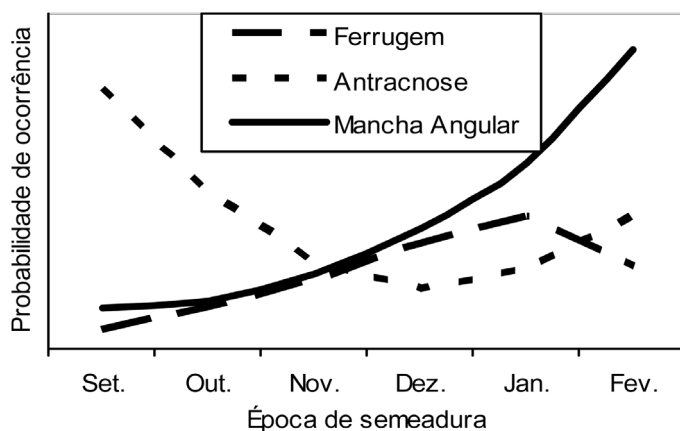


FIGURA 8 – Probabilidade de ocorrência de danos provocados pelas principais doenças da parte aérea da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris*), em função da época de semeadura, na região sul do Paraná.

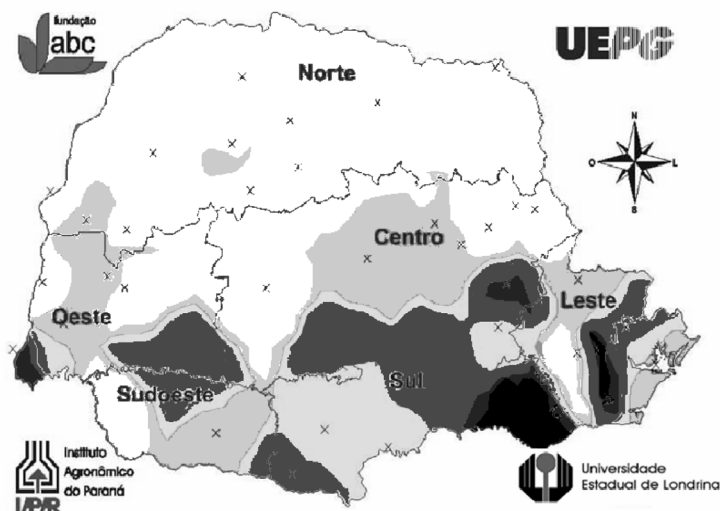


FIGURA 9 – Probabilidade de ocorrência de antracnose calculada com base em condições climáticas favoráveis à infecção, em média de oito anos para o mês de outubro. Áreas escuras são altamente favoráveis e áreas claras são desfavoráveis.

5 REFERÊNCIAS

BERGAMIN FILHO, A.; AMORIM, L. **Doenças de plantas tropicais: epidemiologia e controle econômico**. São Paulo: Ceres, 1996.

BERGER, R. D. Description and application of some general models for plant disease epidemics. **Plant Disease Epidemiology**, New York, v. 2, p. 125-149, 1989.

_____. et al. A simulation model to describe epidemics of rust of *Phaseolus* beans I. Development of the model and sensitivity analysis. **Phytopathology**, v. 85, n. 6, p. 715-721, 1995.

CANTERI, M. G. et al. Aplicações da computação na fitopatologia. **Revisão anual de patologia de plantas**, v. 12, p. 243-285, 2004.

CANTERI, M. G. et al. A system to map risk of infection by *Phakopsora pachyrhizi* for Parana State, Brazil. **Phytopathology**, v. 95, n. 16, 2005.

DALLA PRIA, M. **Quantificação de parâmetros monocíclicos da antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) e da mancha angular (*Phaeoisariopsis griseola*) do feijoeiro**. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1997.

_____.; BERGAMIN FILHO, A.; AMORIM, L. Efeito da temperatura e do período de molhamento nos parâmetros monocíclicos da antracnose do feijoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, v. 28, n. 4, p. 394-400, 2003.

_____.; BERGAMIN FILHO, A.; AMORIM, L. Efeito da temperatura e do período de molhamento nos parâmetros monocíclicos da mancha angular do feijoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, v. 28, n. 4, p. 401-407, 2003.

DEL PONTE, E. M. et al. Predicting severity of Asian soybean rust with empirical rainfall models. **Phytopathology**, v. 96, n. 7, p. 797-803, 2006.

HIJMANS R. J.; FORBES GA.; WALKER TS. Estimating the global severity of potato late blight with GIS-linked disease forecast models. **Plant Pathology**, v. 49, p. 697-705, 2000.

MARCHETTI, M. A.; MELCHING, J. S.; BROMFIELD, K. R. The effects of temperature and dew period on germination and infection by urediospores of *Phakopsora pachyrhizi*. **Phytopathology**, v. 66, p. 461-463, 1976.

SHAW, R. Yield loss estimation. In: FRANCL, L. J.; NEHER, D. A. (Eds). **Exercises in plant disease epidemiology**. St. Paul: APS Press, 1997.

TENG, P. S.; ROUSE, D. I. Understanding computers: applications in plant pathology. **Plant Disease**, v. 68, n. 6, p. 539-543, 1984.

ZADOKS, J. C. Systems analysis and the dynamics of epidemics. **Phytopatholog**, v. 61, p. 600-610. 1971.

----- . Epipre, a computer-based decision support system for pest and disease control in wheat: its development and implementation in Europe. **Plant Disease Epidemiology**, v. 2, p. 3-29, 1986.

Micronutrientes e sua influência na ocorrência de Pragas e Doenças

Antonio Luiz Fancelli

1 INTRODUÇÃO

Inúmeros são os fatores interferentes na produtividade das plantas cultivadas; todavia, merece especial destaque a presença de patógenos e insetos-praga, que são responsáveis pela destruição de grandes quantidades de alimentos e bens de sobrevivência, além de amplificarem os custos financeiros e energéticos da atividade agrícola.

Alguns estudiosos apontam como uma das principais causas para a ocorrência e predisposição das plantas a patógenos e insetos-praga o desequilíbrio nutricional (carência ou excesso) aliado ao estágio fenológico, ao estado de estresse do hospedeiro e às condições climáticas reinantes, além do componente genético envolvido no processo.

A resistência das plantas pode também ser ampliada mediante modificações em sua anatomia (epiderme revestidas de cera e a presença de células espessas, lignificadas e silificadas) e pela síntese e liberação controlada de substâncias tóxicas, inibidoras ou repelentes, tais como fenóis, terpenóides e fitoalexinas.

O estado de equilíbrio nutricional das plantas pode ser considerado um dos principais fatores responsáveis pelo desencadeamento dos mecanismos de defesa anteriormente mencionados.

As diferentes espécies de plantas possuem os mesmos elementos em sua composição, porém em diferentes concentrações. Assim, o que varia na célula é o conteúdo e a concentração de determinadas substâncias absorvidas do meio externo e transformadas no mesófilo foliar. Quando as condições não são favoráveis, essas substâncias são acumuladas nas células (principalmente nos vacúolos) na forma de compostos solúveis. Esse acúmulo ou dificuldade de utilização pode ocorrer em função da manifestação de um desequilíbrio nutricional ou de estresse de natureza diversa. Esse fato é decisivo para o favorecimento à incidência de organismos em geral, pois o estado de proteólise predominante nas condições mencionadas conduz a uma acentuada sensibilidade da planta aos diferentes tipos de parasitas.

Salienta-se ainda que praticamente todos os insetos, ácaros, fungos, bactérias e protozoários dependem de substâncias solúveis, tais como glicídios, açúcares redutores e aminoácidos livres, para a sua sobrevivência e proliferação, pois tais organismos não são muito adaptados para a realização do desdobramento ou aproveitamento de compostos complexos.

Assim, os nutrientes, direta ou indiretamente, estão envolvidos nas estratégias de defesa vegetal como componentes integrais, ativadores, inibidores, reguladores de síntese ou de metabolismo e, portanto, o seu pleno diagnóstico (deficiência ou excesso) e a garantia de sua disponibilidade efetiva tornam-se estritamente necessários para o estabelecimento de programas de manejo objetivando o equilíbrio nutricional da planta.

Ademais, cumpre salientar que a deficiência ou excesso de um nutriente são decisivamente influenciados pela forma química e disponibilidade de outros, bem como a presença de um determinado elemento no solo não implica, necessariamente, na sua plena disponibilidade para a utilização no metabolismo vegetal.

2 FATORES QUE AFETAM A DISPONIBILIDADE DE MICRONUTRIENTES

A eficiência agronômica do uso de micronutrientes depende do conhecimento dos inúmeros fatores que interferem na sua disponibilidade e em suas relações de sinergismo e antagonismo. A Tabela 1 destaca a ação dos principais fatores envolvidos no aproveitamento efetivo desses elementos por parte da planta.

3 O PAPEL DOS MICRONUTRIENTES NA FISIOLOGIA DAS PLANTAS

A classificação dos nutrientes de acordo com o papel fisiológico e bioquímico que exercem na vida vegetal seria mais adequada, pois a denominação de macro e micronutrientes indica somente a concentração relativa no tecido vegetal, sem qualquer significado ou relevância biológica, visto que todos são essenciais à vida das plantas.

TABELA 1 – Principais fatores influentes na disponibilidade de micronutrientes para a nutrição de plantas.

(continua)

Nutriente	Faixa adequada de pH	Fatores ou condições que reduzem a disponibilidade e aumentam perdas
Boro	5,0 a 7,0	Solos arenosos Alta pluviosidade Períodos de deficiência hídrica Baixo teor de matéria orgânica no solo Baixa taxa de decomposição da matéria orgânica Acentuada intensidade luminosa
Cobre	5,0 a 6,5	Solos arenosos Períodos de deficiência hídrica Alto teor de matéria orgânica no solo (complexação) Presença excessiva de íons metálicos no solo (Fe, Mn e Al)
Zinco	5,0 a 6,5	Calagem excessiva Solos arenosos Doses altas de fertilizantes fosfatos (na semeadura) Alto teor de matéria orgânica no solo (“fixação” temporária) Alta pluviosidade (ou encharcamento) Temperaturas baixas aliadas à umidade elevada

(conclusão)

Nutriente	Faixa adequada de pH	Fatores ou condições que reduzem a disponibilidade e aumentam perdas
Manganês	5,0 a 6,	Solos orgânicos ou solos arenosos Condições de anaerobiose (elevada umidade de solo) Solos com baixa CTC Presença excessiva de P, Cu e Zn (e em menor intensidade Ca, Mg e Fe) Baixa intensidade luminosa
Molibdênio	7,0 a 7,5	Solos ácidos Solos arenosos Doses altas de fertilizantes contendo sulfatos Emprego de dose de gesso superior a 1,5 t/há
Ferro	5,0 a 6,0	Presença excessiva de P, Cu, Mn e Zn Calagem excessiva Alto teor de matéria Orgânica no solo Condições de encharcamento Doses baixas de fertilizantes potássicos (deficiência de K)

Fonte: Compilado de vários autores

O uso racional dos micronutrientes em atividades agrícolas depende do conhecimento dos teores disponíveis no solo, das condições físico-químicas que afetam a sua solubilidade (e disponibilidade), de sua mobilidade e do estado nutricional das plantas avaliadas por meio da análise foliar ou de tecido vegetal.

Cumprir mencionar que muitas vantagens advindas do fornecimento dos micronutrientes não são observadas, às vezes, em um simples aumento de produtividade, mas na qualidade do produto colhido, no vigor das plantas e na tolerância às enfermidades e pragas.

Nesse contexto, as principais funções dos micronutrientes na vida vegetal são apresentadas a seguir.

O zinco (Zn) participa efetivamente no metabolismo das plantas favorecendo a ativação de enzimas, a síntese de aminoácidos e de fitormônios (principalmente giberilinas e auxinas), assegurando também o processo de crescimento vegetal. O referido micronutriente é, portanto, essencial para a síntese do triptofano, aminoácido precursor à síntese de auxina.

A comprovação de que o ácido indol acético (AIA) é sintetizado nas plantas, a partir de triptofano, já foi demonstrada. Ainda, o zinco também atua na síntese de proteínas, no processo de divisão celular e acelera significativamente a germinação de sementes.

O manganês (Mn), além de apresentar relevante papel na fotossíntese (fotólise da água), atua no sistema enzimático, favorece a maturação das plantas, participa na síntese de proteínas e reduz os efeitos de elevada insolação (ou fotosensibilização), além de interferir no processo de divisão celular. Sua presença no solo é extremamente complexa e envolve interações químicas e microbiológicas. A transformação de suas formas insolúveis (Mn^{+3} e Mn^{+4}) em solúveis (Mn^{+2}) é dependente de inúmeros fatores do ambiente, dentre os quais destacam-se o pH do solo, a disponibilidade de água, a presença de outros nutrientes inibidores de nitrificação, matéria orgânica e atividade microbiana.

O manganês, em solos ácidos ($pH < 5,5-6,0$), tal como o Al e o B, podem se tornar tóxicos em decorrência do aumento da sua solubilidade. Alta concentração de Mn, mediante competição, inibe a absorção e a translocação do ferro, dificultando a ativação de enzimas envolvidas na redução de $N-NO^{-3}$, bem como o metabolismo dos carboidratos e o processo respiratório.

O íon ferro (Fe), além de sua participação no processo respiratório, é essencial para a síntese de fitoalexinas (substâncias naturais de defesa vegetal) e para a indução de resistência a enfermidades, além de participar de alguns sistemas enzimáticos.

Quanto ao boro (B), em muitas espécies a sua deficiência afeta, particularmente, as divisões e as expansões celulares dos meristemas primários e secundários, evoluindo para a morte das células apicais (raízes e caule), conforme o grau de deficiência prevalente. Ainda, concentrações inadequadas desse elemento na planta interferem significativamente na produção e alongação de raízes. Também cumpre ressaltar que o referido micronutriente (B) é exigido para o transporte das substâncias

reguladoras do crescimento, além de acentuar a resposta a hormônios e a bioestimulantes. Ainda, o boro estimula a germinação do grão de pólen, o crescimento do tubo polínico, a divisão celular e o transporte de açúcar e carboidrato, além de participar na síntese de amido.

A absorção de potássio aumenta com o boro e quase não ocorre na sua ausência e, portanto, muitos casos atribuídos à deficiência aparente de potássio podem ser, em verdade, deficiência de boro. Da mesma forma, o boro apresenta papel fundamental no transporte de P através das membranas e, assim como ocorre com o K, muitos casos de deficiência de P podem ser, na realidade, o reflexo da deficiência de B na planta.

O molibdênio (Mo), por sua vez, atua no processo de assimilação do nitrogênio, pois participa ativamente da nitrato-redutase, bem como da fixação biológica de nitrogênio através da nitrogenase. É requerido pela planta em quantidades muito baixas, porém sua carência provoca sérios distúrbios de natureza fisiológica.

O silício, recentemente, tem merecido especial destaque em programas de nutrição de plantas, pois além de contribuir para a defesa vegetal, também pode favorecer seu desenvolvimento. Estudos determinaram que plantas de milho tratadas com silício apresentaram crescimento de 4,8 cm/dia, enquanto plantas sem silício, na solução, evidenciaram crescimento de 3,8 cm/dia.

Da mesma forma, plantas tratadas com fontes de silício apresentam aumento significativo na concentração do fósforo nas raízes em comparação com outras submetidas à ausência de silício. Todavia, o efeito do silício no crescimento de raízes é mais evidente quando as plantas se encontram bem supridas de cálcio.

Estudos vêm demonstrando que o conteúdo de silício da parede das células da epiderme e do córtex da raiz pode exercer papel relevante na resistência de plantas a doenças e que a supressão dos depósitos de silício pode induzir maior suscetibilidade.

As principais funções desempenhadas pelo silício na planta, de acordo com as evidências científicas relacionadas por alguns pesquisadores, podem ser encontradas na Tabela 2, apresentada a seguir.

TABELA 2 – Algumas evidências científicas atribuídas ao silício na vida vegetal.

PAPEL DO SILÍCIO	AUTOR(ES)
Melhora a interceptação de luz	Epstein (1994)
Auxilia na desintoxicação de altas concentrações de Fe e Mn	Horst; Marschner (1978)
Induz o aumento da disponibilidade de Zn em plantas submetidas a altas concentrações de fósforo e baixas concentrações de zinco	Marschner et al. (1991)
Aumenta o crescimento de raízes de plantas crescendo em meio a baixas concentrações de Ca	Corrales et al.(1997)
Reduz a incidência de enfermidades de folhas e de raízes	Marschner (1986)
Melhora o uso da água pela cultura do feijão e reduz a incidência de <i>Fusarium</i> sp	Fancelli et al.(2001)

Fonte: Compilado de vários autores apud FANCELLI (2000).

4 O PAPEL DOS MICRONUTRIENTES NA OCORRÊNCIA DE DOENÇAS

Praticamente todos os nutrientes contribuem, direta e/ou indiretamente, para a redução de doenças (e de pragas) em decorrência de suas funções no metabolismo das plantas, sobretudo pela participação efetiva no desencadeamento dos principais mecanismos físicos, fisiológicos e bioquímicos de defesa da planta.

4.1 COBRE (CU)

Baixas quantidades de cobre nas folhas e na porção terminal (brotações) estimulam a atividade da peroxidases, enquanto a alta concentração reduz a atividade da enzima. A redução na atividade da peroxidase pode resultar no acúmulo de peróxidos, devido ao aumento na respiração em tecidos infectados. Outra enzima que pode degradar peróxidos é

a catalase. O aumento na concentração de cobre pode reduzir também a atividade da catalase. A inibição da peroxidase e da catalase pode resultar no acúmulo de peróxidos, que são altamente bactericidas. O decréscimo da atividade da peroxidase pode também resultar no acúmulo de compostos fenólicos que apresentam ação fungicida. Alta concentração de cobre induz a atividade da polifenoloxidase, que é responsável pela conversão dos compostos em substâncias bactericidas, denominadas de quinonas. Em síntese, o íon cobre pode induzir resistência pelo aumento da síntese de compostos fenólicos, quinonas e de peróxidos, que apresentam propriedades fungicidas e bactericidas por excelência.

O cobre pode atuar na defesa da planta promovendo a hipersensibilidade das células adjacentes ao ponto de infecção, provocando sua morte e, com isso, evitando a proliferação do patógeno ou de qualquer outro invasor.

A resistência da cultura da batata à requeima causada por *Phytophthora infestans* pode ser atribuída ao aumento na atividade da peroxidase induzida pela aplicação de cobre nas folhas da planta.

Cumprindo ainda salientar que o excesso de zinco na folha poderá afetar o metabolismo do cobre, culminando na redução de seu aproveitamento pelas plantas. Da mesma forma, em áreas antigas de plantio direto com elevado teor de matéria orgânica e/ou de zinco no solo, o cuidado com a falta de cobre deverá ser redobrado. As duas situações anteriormente citadas poderão contribuir para o aumento da suscetibilidade de diferentes espécies vegetais a patógenos em geral, exigindo muitas vezes o fornecimento de cobre via foliar.

4.2 ZINCO (ZN)

Apesar dos recentes trabalhos de pesquisa relacionados ao emprego de micronutrientes na agricultura, a interação do zinco com a ocorrência de enfermidades e pragas é ainda consideravelmente obscura e controversa, exigindo estudos integrados e mais detalhados.

Plantas de arroz cultivadas em solo deficiente em zinco podem evidenciar o aumento da incidência de *Xanthomonas campestris* pv. *oryzae*. O sulfato de zinco a 2,5% tem sido relatado como altamente eficiente no controle da bacteriose do arroz, em condições naturais. O óxido de zinco (2%), no entanto, apresentou eficiência inferior à fonte anteriormente citada.

Por outro lado, o zinco é essencial ao crescimento, esporulação e virulência de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. A aplicação via solo de fertilizantes contendo zinco em quantidade excessiva pode também aumentar a produção de toxinas por parte do referido patógeno. Ainda, trabalho recente demonstrou que a presença de teor elevado de zinco nas folhas contribuiu para a maior concentração de micotoxinas (fumonisina e zearalenona) em grãos de milho, cultivados em algumas regiões do estado de São Paulo, Brasil.

Outros estudos sugerem que o Zn pode favorecer ou restringir a incidência de doenças e de pragas, em função da espécie considerada, das condições edafo-climáticas reinantes no período, além da forma química considerada, contudo, sua eficiência na redução da rizoctoniose em feijão já é conhecida.

Com relação à prevenção de pragas, o zinco, aplicado na forma de sais nas folhas, pode favorecer a ocorrência e a multiplicação de pulgões em diversas espécies cultivadas.

4.3 MANGANÊS (MN)

Inúmeros estudos têm constatado que a aplicação direta de Mn através de pulverizações foliares pode contribuir para o incremento da taxa fotossintética e para a minimização de determinadas doenças, o mesmo não acontecendo quando o referido nutriente é ofertado via tratamento de sementes ou via solo. No entanto, modificações no ambiente objetivando a manutenção e/ou incremento da disponibilidade de Mn podem se fazer necessárias. As práticas culturais utilizadas para o controle de

diversas doenças, tais como baixo pH do solo, irrigação nos períodos críticos de crescimento das plantas cultivadas, inibição do processo de nitrificação e uso do nitrogênio na forma amoniacal (NH^{+4}) aumentam a solubilidade e a disponibilidade do referido micronutriente. Em situação onde o Mn é reconhecido como o elemento primário envolvido no controle de doenças, essas práticas culturais podem ser combinadas com os métodos tradicionais para controle fitossanitário em geral.

Dentre os mecanismos propostos para o papel do manganês na resistência a doenças, merecem especial destaque:

- » **Lignificação:** O manganês apresenta acentuada contribuição na síntese da lignina por parte da planta, mediante a formação de estruturas denominadas lignotubos; alguns pesquisadores, no entanto, não aceitam integralmente o papel desse composto como barreira física eficiente.
- » **Síntese de fenóis solúveis:** O manganês participa da via biossintética de fenóis (substâncias relacionadas à resistência a doenças e pragas).
- » **Inibição da aminopeptidase:** O manganês inibe a indução da aminopeptidase por parte do agente invasor. Ressalta-se que a mencionada enzima é ativada por alguns patógenos objetivando a obtenção de suprimento de aminoácidos essenciais necessários para o crescimento fúngico.
- » **Inibição da pectina-methylesterase:** O manganês inibe a indução da pectina-methylesterase, comumente produzida por fungos do gênero *Sclerotinia*. Ressalta-se que a referida exoenzima é normalmente utilizada por alguns patógenos para a degradação de paredes celulares.
- » **Fotossíntese:** O processo fotossintético é drasticamente afetado pela deficiência de Mn, dificultando a mobilização de energia em pontos vulneráveis, além de causar a diminuição de materiais or-

gânicos em exudatos de raízes, resultando em rizosfera mais favorável a pragas e patógenos diversos.

- » **Ação direta:** Aumento da concentração de manganês em exudatos radiculares por parte de plantas nutricionalmente equilibradas, promovendo a inibição direta do potencial patogênico do suposto invasor.

Como o manganês é requerido em maiores concentrações pelas plantas superiores do que por fungos e bactérias (aproximadamente 100 vezes mais), em determinadas condições há oportunidade para o patógeno explorar essa significativa diferença.

Ressalta-se que o teor de Mn apresenta-se normalmente baixo nos tecidos considerados suscetíveis em comparação àqueles resistentes; contudo, pode se concentrar em regiões adjacentes aos focos de infecção.

Ainda, o efeito do Mn mais comumente observado na redução de doenças é representado pela presença de exsudatos tóxicos, apesar de ser comumente constatado o aumento de viroses mesmo sob alta concentração de manganês.

Trabalho recente demonstrou a possibilidade da redução da incidência e severidade da ferrugem asiática da soja, mediante a aplicação foliar conjunta de Mn e Cu, nos estádios V5 (cinco trifólios desenvolvidos) e R1 (uma flor aberta em qualquer nó sobre a haste principal) da soja, antes da constatação da mencionada doença. Os resultados obtidos evidenciaram a possibilidade da redução do uso de fungicida e o aumento de aproximadamente 15% na produtividade, em comparação aos tratamentos que não receberam micronutrientes.

4.4 FERRO (FE)

Aplicações elevadas de ferro ou elevada disponibilidade desse elemento no solo podem induzir à produção de maior quantidade de

toxinas por parte de algumas espécies de fungo, dentre eles o *Fusarium oxysporium* f. sp. *lycopersici*, resultando em maior severidade da doença na cultura do tomate.

Quando o EDTA ou o DHBA (2,3 ácido dihydrobenzóico) exerce efeito quelante sobre o ferro, torna-o pouco disponível, propiciando severas lesões em folhas de *Vicia fava*, causadas pelo fungo *Botrytis cinerea*. Assim, quando os conídios do patógeno foram tratados com EDTA três horas antes da inoculação, a severidade da doença também aumentou. Esses resultados sugerem que o íon ferro, sob a forma de $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_2$, seria mais adequado para a diminuição da virulência do patógeno.

A falta de arejamento do solo e a deficiência severa de potássio podem aumentar a concentração de ferro na planta, enquanto o excesso de P, Zn, Cu e Mo, provocam situações de deficiência desse íon metálico. Concentrações acentuadas de Mn no substrato provocam significativa redução na taxa de absorção de ferro. Todavia, toxidez de manganês não pode ser confundida com deficiência de ferro, pois a sintomatologia e as consequências do processo são muito diferentes.

4.5 BORO (B)

O boro é reconhecidamente um elemento imprescindível para o funcionamento adequado da membrana citoplasmática e, por consequência, a sua concentração satisfatória na planta contribuiria significativamente para a redução da proliferação de patógenos e de insetos-pragas (principalmente sugadores). O boro não consegue diminuir a infecção inicial do hospedeiro, sugerindo que sua atuação tem início na fase de infecção cortical, mediante a liberação e acúmulo de fenóis, aceleração do processo de síntese de lignina e retardamento do movimento da hifa do fungo no córtex.

O boro também pode repelir o ataque de pulgões (vetores de viroses), ácaros e tripses, mediante restrição alimentar. Por outro lado, sua carência acentuada favorece a ocorrência das pragas anteriormente mencio-

nadas, além de outros fungos, pois provoca a queda da taxa de proteossíntese, resultando no acúmulo de substâncias solúveis e altamente nutritivas nos tecidos vegetais.

Da mesma forma, a carência de boro afeta a permeabilidade da membrana citoplasmática, provocando a exsudação de açúcares e aminoácidos, contribuindo para o aumento da suscetibilidade da planta a pragas e patógenos (Tabela 3).

Os patógenos praticamente não necessitam de boro para o seu desenvolvimento e, portanto, a baixa disponibilidade desse elemento proporciona para as plantas perigosa desvantagem.

TABELA 3 – Influência do boro na integridade da membrana citoplasmática de células de folhas de girassol (*Helianthus annuus*).

Boro (μM)	Lixiviação $\mu\text{g.g}^{-1}$ PF.2h ⁻¹		
	Potássio (K^+)	Sacarose	Aminoácido
0,01	630	900	163
0,20	390	440	122
1,00	52	70	33
20,00	18	20	23

4.6 MOLIBDÊNIO (MO)

Existem muito poucos estudos relacionados ao papel do molibdênio na supressão de ocorrência de pragas e doenças. Alguns deles evidenciam, sem a devida explicação, a redução dos sintomas de *Verticillium* em plantas de tomate e de nematóides em plantas de feijão e soja.

O mecanismo envolvido no processo de resistência imposta pela adição de molibdênio ainda não é conhecido, mas salienta-se que sua atuação na nitrogenase e na nitratorredutase pode contribuir, indiretamente, para o aumento ou diminuição de parasitas.

Assim, o uso excessivo de nitrogênio em programas de adubação, sem o devido aporte de molibdênio, poderá suscitar o aumento de enfermidades (e de pragas) em decorrência do acúmulo de nitratos livres na folha e da redução da síntese de fenóis por parte da planta.

4.7 SILÍCIO

O silício induz alterações no balanço cátion-ânion da planta e aumenta a concentração de ácidos orgânicos nos tecidos. Essas alterações constituem o principal mecanismo responsável pelo efeito de redução da concentração de alumínio tóxico nas raízes (apoplasto e superfície da plasmalema) e de defesa da planta contra fungos de solo.

As monocotiledôneas absorvem e acumulam muito mais silício que as dicotiledôneas. Dentre elas, o arroz e a cana-de-açúcar se destacam, entre as monocotiledôneas, e o feijão entre as dicotiledôneas.

O silício influi na resistência de plantas de arroz às doenças, onde a *Pyricularia oryzae*, agente etiológico da bruzone do arroz, em meio à presença de compostos orgânicos contendo silício e impregnados na parede celular, apresentou potencial de infecção muito baixo. Assim, foi comprovada a existência de relação direta entre o conteúdo de silício e a resistência ao patógeno em arroz. Entretanto, nem todas as espécies de plantas mostram acúmulo significativo de silício quando infectadas por patógenos.

Trabalhos semelhantes foram realizados com cana-de-açúcar e algumas espécies de forrageiras, obtendo resultados satisfatórios quanto à diminuição do potencial destrutivo de muitas doenças.

Na Tabela 4, constata-se a influência isolada e conjunta dos nutrientes na ocorrência de diversas doenças em diferentes espécies vegetais.

4.8 OUTROS ELEMENTOS (CLORO, NÍQUEL, LÍTIO E CÁDMIO)

O cloro (Cl), quando adicionado em quantidade suficiente e devidamente localizado, mediante fertilizantes clorados, pode contribuir para a

supressão de algumas doenças em trigo, milho, soja e feijão através da redução da taxa de nitrificação, que promove a redução do pH da rizosfera.

Ademais, estudos recentes têm indicado que o níquel (Ni), em sua forma de sais, pode ser considerado como eficiente fungicida contra ferrugens em geral, pois pode estar relacionado à síntese de fitoalexinas. Todavia, por se tratar de um metal pesado, sua utilização rotineira na agricultura exige ainda muitos estudos.

Outros elementos que ocorrem em quantidades ínfimas nos tecidos de plantas e que apresentam efeito supressor comprovado em míldios é o lítio (Li) e o cádmio (Cd). Este último também atua nos mecanismos de defesa vegetal, pois pode estimular a síntese de lignina, tal como o manganês.

TABELA 4 – Efeito dos nutrientes na ocorrência de doenças em diversas culturas (Adaptado de SILVEIRA; HIGASHI, 2003).

(continua)

Nutrientes	Hospedeiro	Patógeno
↓ Ca	Tomate <i>Lycopersicon esculentum</i> Pepino <i>Cucumis sativus</i> <i>Ruscus hypoglossum</i>	<i>Fusarium oxysporum</i> <i>Botrytis cinerea</i> <i>Botrytis cinerea</i> <i>Rhizoctonia solani</i>
↓ Zn	<i>Eucalyptus marginata</i> e <i>E. sieberi</i> Trigo <i>Triticum aestivum</i> Seringueira <i>Hevea brasiliensis</i>	<i>Phytophthora cinnamomi</i> <i>Rhizoctonia</i> sp. <i>Oidium</i> sp. <i>Phytophthora</i> sp.
↓ B	<i>Eucalyptus citriodora</i> Girassol <i>Helianthus annuus</i> Beterraba <i>Beta vulgaris</i> Trigo <i>Triticum aestivum</i> Couve-flor <i>Brassica oleracea</i>	<i>Botryosphaeria ribis</i> e <i>Lasiodiplodia theobromae</i> <i>Erysiphe cichoracearum</i> <i>Phoma betae</i> <i>Puccinia triticina</i> e <i>P. glumarum</i> <i>Botrytis</i> sp. <i>Plasmidiophora brassica</i>
↓ K	Soja <i>Glycine max</i> Arroz <i>Oryza sativa</i>	<i>Phomopsis</i> spp <i>Cercospora kikuchii</i> <i>Helminthosporium sigmoideum</i>
↓ Mn	Trigo <i>Triticum aestivum</i>	<i>Gaeumannomyces graminis</i> var. <i>Tritici</i>
↑ N	Trigo <i>Triticum aestivum</i>	<i>Puccinia graminis</i> subsp. <i>Tritici</i>
↓ N e ↓ P	<i>Eucalyptus grandis</i> <i>Eucalyptus pilularis</i> e <i>E. maculata</i>	<i>Phaeoseptoria eucalypti</i> <i>Phytophthora cinnamomi</i>

(conclusão)

Nutrientes	Hospedeiro	Patógeno
↓ B, Cu e Mn	Tomate <i>Lycopersicon esculentum</i>	<i>Fusarium oxysporum</i>
↑ N e ↓ K	Cana-de-açúcar <i>Saccharum spp.</i> <i>Pinus nigra</i>	<i>Puccinia melanocephala</i> <i>Sphaeropsis sapinea</i>
↓ K e ↓ B	Trigo <i>Triticum aestivum</i>	<i>Puccinia graminis</i> <i>Puccinia recondita</i> <i>Puccinia striiformis</i>
↓ Si	Arroz <i>Oryza sativa</i> Videira <i>Vitis vinifera</i> Roseira <i>Rosa sp.</i> Pepino <i>Cucumis sativus</i> Cana de açúcar <i>Saccharum spp.</i>	<i>Helminthosporium oryzae</i> <i>Pyricularia oryzae</i> <i>Uncinula necator</i> <i>Sphaerotheca pannosa e</i> <i>Peronospora sparsa</i> <i>Pythium ultimum</i> <i>Pythium ultimum</i> <i>Sphaerotheca fuliginea</i> <i>Leptosphaeria sacchari</i>
↓ Cu ↑ P e ↑ NH ⁴⁺	Tomate <i>Lycopersicon esculentum</i>	<i>Fusarium oxysporum</i>
↑ Cl	Trigo <i>Triticum aestivum</i>	<i>Puccinia recondita</i>
↓ N	<i>Eucalyptus randis</i>	<i>Puccinia psidii</i>
↑ Mn ↓ K e ↓ B	<i>Eucalyptus grandis</i>	<i>Puccinia psidii</i>

Fonte: Adaptado de SILVEIRA; HIGASHI (2003).

5 ESTRATÉGIAS BÁSICAS DE MANEJO DE MICRONUTRIENTES OBJETIVANDO A REDUÇÃO DE DOENÇAS E PRAGAS FUNDAMENTADAS NO EQUILÍBRIO NUTRICIONAL

Em função das razões ecológicas e da nutrição na ocorrência de doenças (e de pragas) em sistemas agrícolas de produção, recomenda-se que o manejo de plantas seja sempre fundamentado na garantia do equilíbrio nutricional e na visão sistêmica do processo. Para tanto, sugere-se a elaboração de um diagnóstico detalhado da disponibilidade de nutrientes no sistema (incluindo suas interações), das condições climáticas reinantes no período e do potencial genético de resistência inerente ao genótipo utilizado.

Ainda, o manejo também deverá considerar a minimização de estresses de natureza diversa, principalmente aqueles relacionados à deficiência hídrica.

O estresse hídrico prolongado provoca a hidrólise das proteínas insolúveis e das substâncias de reserva (ex.: amido) nas células das folhas, objetivando o aumento da taxa de retenção de água por parte da planta (redução do potencial água). Contudo, essa estratégia fisiológica utilizada pela planta no sentido de prolongar sua sobrevivência em condições de falta de água propicia o enriquecimento da folha em aminoácidos livres, nitratos e açúcares, tornando a planta um meio altamente favorável ao ataque e à proliferação de insetos sugadores (afídios, homópteros e hemípteros, principalmente) e fungos em geral.

Além do fato acima mencionado, o estresse hídrico acentuado reduz a capacidade de síntese de fitoalexinas por parte da planta, tornando-a ainda mais vulnerável à incidência de organismos oportunistas.

Assim, quando for possível prever a ocorrência de períodos de falta de água, recomenda-se o fornecimento de cobre, manganês e silício via foliar, objetivando a melhoria da defesa da planta mediante o estabelecimento de barreiras físicas, melhor aproveitamento da água e favorecimento da síntese de fitoalexinas. Ainda, imediatamente após ou durante o período de estiagem mostra-se premente a utilização de inseticidas e/ou fungicidas protetores de plantas.

Quanto aos micronutrientes, recomenda-se, dentro do possível, sua aplicação conjunta, pois o fornecimento isolado de um determinado microelemento implica na avaliação rigorosa de sua demanda e necessidade.

Dentre os micronutrientes mais importantes para a prevenção de doenças – e que normalmente são negligenciados no sistema de produção – destacam-se o cobre (Cu), o boro (B) e o manganês (Mn). Todavia, utilização indiscriminada desses microelementos poderá acarretar situações de estresse.

Assim, em função de sua dinâmica no solo e na planta, o boro deverá ser fornecido via solo, em pré-semeadura (ou na semeadura), mediante o uso de fontes de solubilidade média; ao passo que o cobre e o manganês deverão ser aplicados via foliar no início da fase vegetativa e, sobretudo, no início da etapa de frutificação.

Finalmente, cumpre ressaltar que, no caso do zinco (Zn), apesar de ele ser o micronutriente mais comumente considerado em programas de adubação, seu fornecimento em doses elevadas e sem critério técnico definido poderá interferir no aproveitamento e metabolização de outros nutrientes, bem como favorecer o crescimento e a produção de metabólitos (micotoxinas) de fungos.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O manejo racional de doenças e pragas implica a compreensão efetiva da necessidade da presença desses organismos no sistema (função) e no reconhecimento de que sua proliferação se acentua em decorrência do grau de desequilíbrio reinante (causa).

Portanto, o reconhecimento da fragilidade dos agroecossistemas, o emprego de técnicas e tecnologias ecológicas e energeticamente aceitáveis a cada situação, bem como o desenvolvimento de atividades agrícolas fundamentadas em princípios científicos e no holismo (visão sistêmica do processo), tornam-se imperiosos para a consolidação de uma agricultura racional, lucrativa e sustentável.

7 REFERÊNCIAS

CAKMAK, I.; ROMHELD, V. Boron deficiency-induced impairments of cellular functions in plants. **Plant and Soil**, v. 193, p. 71-83, 1997.

CHOUSSOU, F. **Plantas doentes pelo uso de agrotóxicos**: a teoria da trofobiose. 2. ed. Porto Alegre: L&PM, 1999.

FANCELLI, A. L. **Fisiologia de produção e manejo da água e nutrientes na cultura de milho de alta produtividade**. Piracicaba: POTAFOS/USP, 1996.

_____. Influência da nutrição de plantas na ocorrência de doenças e pragas. In: FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Feijão irrigado: tecnologia de produtividade**. Piracicaba: ESALQ, 2003.

_____. **Plantio direto**. Piracicaba: ESALQ/USP, 2000.

_____. Redução da incidência e severidade da ferrugem asiática da soja mediante emprego de Mn e Cu, via foliar. **Scientia agrícola**, 2005.

HUBER, D. M. Introduction. In: ENGELHARD, A. W. **Management of disease with macro and microelements**. St. Paul: APS Press, 1990a.

_____. The influence of mineral nutrition on the vegetable disease. **Horticultura Brasileira**, v. 12, n. 2, p. 206-214, 1994.

_____. The role of mineral nutrition in defense. In: HORSFALL; COWLING, E. B. **Plant Pathology: an advanced treatise**. New York: Academic Press, 1980. v. 5.

_____; ARNY, D. C. Intererction of potassium with plant disease. **Potassium in Agriculture**, p. 467-488, 1985.

_____; WATSON, R. D. Nitrogen form and plant disease. **Annual Review of Phytopatology**, v. 12, p. 139-165, 1974.

JONES, J. P.; ENGELHARD, A. W.; WOLTZ, S. S. Management of *Fusarium* wilt of vegetables and ornamentals by macro and microelements nutrition. In: ENGELHARD, A. W. **Management of diseases with macro and microelements**. St. Paul: APS Press, 1990.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. New York: Academic Press, 1986.

MENGEL, L.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. International Potash Institute, 1987.

NEALES, T. F. Some effects of boron on root growth. **Australian Journal Biology Science**. v. 13, p. 232-248, 1960.

SIMEONI, L. A.; LYNOSAY, W. L.; BAKER, R. Critical iron level associated with biological control of *Fusarium* wilt. **Phytopathology**, v. 77, p. 1057-1061, 1987.

TSUI, C. The role of zinc in auxin synthesis in the tomato plant. **American Journal Botany**, v. 35, p. 172, 1948.

WLEELER, H.; HANCHEY, P. Permeability phenomena in plant disease. **Annual Review of Phytopathology**, v. 6, p. 331-350, 1968.

PARTE IV

ESTRATÉGIAS DE MANEJO

*Que Deus me dê serenidade para aceitar as coisas que
não posso mudar, coragem para mudar as que posso e
sabedoria para distinguir entre elas.*

Reinhold Niebuhr

Interação Patógeno-Hospedeiro e Variabilidade de *Colletotrichum lindemuthianum*

Ricardo Balardin

Caroline Gulart

1 INTRODUÇÃO

A antracnose, causada pela fase anamórfica *Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc. & Magnus) Briosi & Cav., é a mais importante doença do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), especialmente em regiões temperadas e subtropicais. Entretanto, a fase teleomórfica deste fungo *Glomerella cingulata* f. sp. *phaseoli* (Shear) raramente se desenvolve em condições de campo.

A antracnose acarreta perdas que variam com a variedade atacada, sendo relatadas perdas de 95% em variedades suscetíveis de feijão. A infecção de sementes de variedades suscetíveis serve como fonte de inóculo primário da doença, sendo as condições ótimas para o seu desenvolvimento elevada umidade relativa do ar, chuvas frequentes e temperaturas variando entre 18 e 22°C. Um controle efetivo desta doença é limitado devido à eficiente transmissão do fungo através da semente pela falta de um controle químico com custos baixos e pela habilidade de *C. lindemuthianum* em sobreviver até 22 meses em restos culturais da lavoura. A antracnose pode ser controlada através de quarentena, níveis de tolerância para sementes infectadas e produção de sementes

em áreas livres da doença. Tratamento de sementes, medidas culturais, aplicação de fungicidas foliares e uso de variedades resistentes podem controlar a doença. A resistência genética do feijão é o método de controle mais apropriado, particularmente em países onde métodos alternativos são de difícil estabelecimento. A alta variabilidade presente em *C. lindemuthianum* resulta de uma contínua quebra de resistência em variedades. O estudo da variabilidade genética de *C. lindemuthianum* é tido como um procedimento necessário para o desenvolvimento de resistência duradoura a antracnose.

2 IDENTIFICAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE PATÓTIPOS

2.1 ANÁLISE DA VIRULÊNCIA.

A variabilidade genética em *C. lindemuthianum* foi descrita primeiramente por Barrus, quando foram identificados os patótipos α e β , baseado na reação de 139 variedades de feijão ao patógeno. Desde então novos patótipos vêm sendo descritos (Tabela 1). Grupos de pesquisa em diversos países têm identificado novos patótipos e utilizam letras do alfabeto grego (Tabela 2), para uniformizar a nomenclatura nos diferentes países. Entretanto, a utilização de variedades locais no processo de identificação através de séries diferenciadoras tem limitado o entendimento da grande variabilidade presente em *C. lindemuthianum* entre os diversos grupos de trabalho.

A adoção de uma série diferenciadora internacionalmente reconhecida, com 12 variedades de feijão de diversas origens e com diferentes genes para resistência, associada ao sistema binário de nomenclatura baseado na posição de cada variedade dentro da série, procurou estabelecer um melhor entendimento sobre a variabilidade e estrutura populacional de *C. lindemuthianum* (Tabela 3).

A adoção desta série tem permitido a comparação e compilação de dados de diferentes grupos de pesquisa, permitindo maior caracterização da variabilidade genética presente em *C. lindemuthianum*. A recaracterização de patótipos já nomeados por letras gregas ou por códigos locais têm demonstrado uma supraestimativa da real variabilidade deste patógeno.

Os patótipos 7, 64, 65, e 73 foram identificados nos Estados Unidos, utilizando o código binário. No México, 35 novos patótipos foram identificados, além de 11 patótipos de uma coleção de variedades selvagens de *Phaseolus vulgaris*. Nove patótipos foram identificados a partir de dez isolados na Nicarágua. Na Colômbia, 33 patótipos foram caracterizados entre 178 isolados. Quarenta e um patótipos foram caracterizados, a partir de 138 isolados coletados na Argentina, Brasil, República Dominicana, Honduras, México e Estados Unidos. Esses patótipos foram separados em duas categorias, designadas de acordo com uma grande área geográfica ligada ao *pool* gênico de origem. Somente três patótipos – 7, 65 e 73 – mostraram ampla distribuição, podendo os seus isolados serem encontrados na América do Norte, Sul e Central. Esses três patótipos mostraram uma limitada virulência sobre o grupo das variedades diferenciadoras e continuam sendo encontrados somente naqueles locais, sendo que um terço deles foi isolado repetidamente dentro do mesmo país.

A partir de 105 isolados coletados nas regiões do Planalto Médio, Médio Alto Uruguai e Centro do Rio Grande do Sul, foram identificados os patótipos 81, 65, 89, 73, 321, 87, 23, 67, 83, 64 e 5. Os resultados permitiram comprovar maior amplitude de distribuição de patótipos pertencentes ao grupo alfa, bem como uma evolução do patógeno no estado, uma vez que dois novos patótipos foram identificados, além do patótipo 321, que não havia sido previamente reportado na literatura.

Resultados acerca da diversidade da virulência de *C. lindemuthianum* foram obtidos dentro de 948 isolados (115 patótipos), sendo 13 coletados em países da América Latina, onde 63% eram oriundos de um mesmo país, enquanto considera-se que 17% ocorrem em dois países e menos

de 10% ocorrem em cinco ou mais países. Esses resultados sugerem que a variabilidade de *C. lindemuthianum* tende a ser maior entre diferentes países em relação àquela observada dentro de cada país. Na América Central foram observadas 76% da variabilidade genética descrita para este patógeno (número de patótipos identificados por número de isolados de uma região definida). Na medida em que as amostragens são dirigidas ao norte, a variabilidade genética de *C. lindemuthianum* diminui para 7%, e na direção sul para 17%.

TABELA 1 – Patótipos de *Colletotrichum lindemuthianum* identificados no período de 1911 a 1994, sendo utilizada nomenclatura com base em letras gregas

PAÍS	RAÇA
Estados Unidos	$\alpha, \beta, \gamma, \delta$
Chile	α, β, γ
França	$\alpha, \beta, \gamma, \delta, \epsilon, \lambda$
Uganda	$\alpha, \beta, \gamma, \delta, \epsilon, \lambda$
Malawi	$\alpha, \beta, \gamma, \delta$
Europa	$\alpha B, \iota, \lambda, \kappa$
Canadá	$E, \delta, \lambda, \alpha B$
Brasil	$\alpha, \alpha B, \beta, \gamma, \delta, \epsilon, \lambda, \kappa, \theta, \xi, \mu, \zeta$

Fonte: Santa Maria, RS (2007).

TABELA 2 – Patótipos de *Colletotrichum lindemuthianum* classificados por códigos locais e a equivalência com o alfabeto grego.

(continua)

PAÍS	RAÇA	ALFABETO GREGO
Alemanha	A-E, G-N, X	α, β, γ
Austrália	1 a 8	Nenhum
México	Grupos I a III	Nenhum
México	MA-11 a 13, MA 20 a 25	α
França	PV6, D10, F86,14,1,5	$\alpha, \beta, \gamma, \delta, \epsilon$, raça 5 = γ e δ
Brasil	BA-1 a 10	α, δ , México I e II grupos I e II

(conclusão)

PAÍS	RAÇA	ALFABETO GREGO
Guatemala	C-236	Nenhum

Fonte: Santa Maria, RS (2007)

Em estudo realizado para avaliar a reação de germoplasma local e comercial de feijão a patótipos de *C. lindemuthianum* foi observado que, do ponto de vista absoluto, houve aumento na frequência de genótipos com índice de resistência superior a 75%, quando comparado ao número de genótipos trabalhados na década de 1980 em relação aos indicados na década de 1990 (Tabela 4). Entretanto, deve ser considerado que tal incremento não contemplou resistência a determinados genes de virulência cuja dispersão e abundância tem sido amostrada, tais como os patótipos 31, 65, 81 e 89. É relevante destacar que, para esse grupo de patótipos, a ausência do gene mexicano Co-4 determinou grande parte das reações compatíveis. Esses resultados indicam a necessidade de os programas incorporarem tal gene ao conjunto de genes já presentes nos materiais (Tabela 5).

TABELA 3 – Série diferenciadora para antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*), genes de resistência, pool gênico do hospedeiro, e nomenclatura binária.

(continua)

CULTIVAR DIFERENCIADORA	GENES DO HOSPEDEIRO	POOL GÊNICO	NOMENCLATURA BINÁRIA
A. Michelite	-----	MA	1
B. MDRK	Co-1	A	2
C. Perry Marrow	Co-13	A	4
D. Cornell 49242	Co-2	MA	8
E. Widusa	-----	A	16
F. Kaboon	Co-12	A	32
G. México 222	Co-3	MA	64
H. PI 207262	-----	MA	128
I. TO	Co-4	MA	256

(conclusão)

J. TU	Co-5	MA	512
K. AB 136	Co-6, Co-8	MA	1024
L. G2333	Co-42 , Co-5, Co-7	MA	2048

Fonte: Santa Maria, RS (2007).

TABELA 4 – Classificação do germoplasma de feijão de acordo com a variação do Índice de Resistência obtido a partir da reação a 12 patótipos de *Colletotrichum lindemuthianum* e a década de lançamento.

Década de lançamento	Total de Genótipos	Variação do Índice de Resistência (%)							
		0 - 25		25,1 - 50		50,1 - 75		75,1 - 100	
		Nº Genótipos	%	Nº Genótipos	%	Nº Genótipos	%	Nº Genótipos	%
1970	1	-	-	1	100	-	-	-	-
1980	14	6	43	5	36	1	7	2	14
1990	44	14	32	10	23	5	11	15	34
2000	2	-	-	-	-	-	-	2	100

Fonte: Santa Maria, RS (2007).

TABELA 5 – Reação da série diferenciadora internacional, pool gênico e país de origem dos patótipos de *Colletotrichum lindemuthianum*

(continua)

Patotipo(a)	Série Diferenciadora(b)												Pool Gênico(c)	País de origem
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
9	1(d)	0(e)	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	MA	Brasil
15	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	MA	Colômbia
17	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	MA	Estados Unidos
23	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	A	Brasil
31	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	MA/A	Brasil
65	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	MA	Brasil
81	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	MA	Brasil
87	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	MA/A	Brasil
89	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	MA	Brasil
453	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	MA	Brasil
521	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	MA	México

(conclusão)

Patotipo(a)	Série Diferenciadora(b)												Pool Gênico(c)	País de origem
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
2047	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	MA	Costa Rica

Fonte: Santa Maria, RS (2007).

Notas: (a) 17- alfa; 23- delta; 31- capa; 65- epsilon; 81- eta; 87- mu; 89- alfa-Brasil; 453- zeta.^(b) Cultivares de feijão comum da Série Diferenciadora Internacional, valores binários respectivos e genes de resistência conhecidos: 1- Michelite (1); 2- Michigan Dark Red Kidney (2) (Co-1); 3- Perry Marrow (4) (Co-1³); 4- Cornell 49242 (8) (Co-2); 5- Widusa (16); 6- Kaboon (32) (Co-1²); 7- Mexico 222 (64) (Co-3); 8- PI 207262 (128); 9- TO (256) (Co-4); 10- TU (512) (Co-5); 11- AB 136 (1024) (Co-6 e Co-8); 12- G2333 (2048) (Co-4, Co-5, Co-7). ^(c) MA- meso-americano, A- andino; ^(d) 1- Reação compatível; (E) 0- Reação incompatível.

2.2 ANÁLISE DO GENOMA

Combinando a análise da virulência com métodos de análise molecular, foi obtido melhor entendimento acerca da variabilidade presente em *C. lindemuthianum*. Métodos que utilizam DNA-DNA Hybridization, Restriction Fragment Length (RFLP), Polymerase Chain Reaction (PCR) marcadores a base de isoenzimas são as ferramentas mais comuns para o estudo da sistemática de fungos e genética de populações. A análise molecular de genomas inteiros revela a extensão da variabilidade existente em uma espécie. Isolados de *C. lindemuthianum* coletados em regiões andinas, bem como em regiões ao norte da Colômbia e do Brasil, têm sido usualmente identificados utilizando marcadores RAPD. Nenhuma relação foi observada, porém, entre a análise realizada com RAPD e dados sobre virulência, localização geográfica, ou o *pool* gênico de 60 isolados de *C. lindemuthianum*, principalmente os oriundos da América Latina.

Um estudo similar foi conduzido na América do Sul, leste da África e Europa, onde 12 isolados de *C. lindemuthianum* dessas regiões foram agrupados utilizando a porcentagem de amplicons comuns como um índice. O polimorfismo na sequência de DNA, bem como a origem geográfica dos isolados, não se apresentaram correlacionados. Isolados coletados de populações selvagens de feijão comum oriundos do México apresentaram acentuado polimorfismo, e a maioria dos isolados da Argentina e Equador não eram encontrados no México. A maioria dos amplicons

presentes nas populações oriundas do Equador e da Argentina foi encontrada no México, sugerindo que populações andinas tenham derivado a partir da América Central.

Quando foi realizada análise molecular do DNA ribossômico, três grupos de patótipos mostraram correspondência a três genes de resistência dos hospedeiros, sugerindo adaptação de patótipos sobre variedades hospedeiras de mesma origem geográfica. Baseado na mesma análise de restrição, 12 isolados (cinco avirulentos) de *C. lindemuthianum* provenientes da África, Europa e América do Sul foram separados em dois grupos independentes da origem geográfica dos genes de seus hospedeiros. Isolados dentro de um grupo, possuíam a mesma gama de avirulência, considerando que não houve correlação entre polimorfismo no DNA e a patogenicidade e que esta foi observada entre os isolados no segundo grupo.

Em uma coleção de 57 isolados, 85% eram de patótipos andinos pertencentes ao primeiro grupo (RFLP), enquanto 65% dos patótipos mesoamericanos estavam presentes no segundo grupo. Isolados mesoamericanos identificados também mostraram menor associação com grupos RFLP e origem geográfica do que os isolados andinos. Por exemplo, a raça 38 oriunda da República Dominicana foi agrupada com a raça 457, vinda do México, e a raça 23, originária dos Estados Unidos, conforme a análise do gene 28-s ITS (Internal Transcribed Space), mas nenhuma correlação foi observada entre esses patótipos baseando-se na virulência.

O polimorfismo no DNAr (DNA ribossômico) não parece estar ligado à virulência específica do fenótipo, ou estruturado de acordo com a origem geográfica dos patótipos ou com o *pool* gênico do hospedeiro. Os vários níveis de similaridade genética entre patótipos e a falta de associação entre a origem geográfica dos isolados com o polimorfismo em regiões do DNA é uma clara evidência do alto nível de variabilidade molecular dentro de *C. lindemuthianum*. Entretanto, é insuficiente apoiar a coevolução de *C. lindemuthianum* e de *P. vulgaris*, indicada somente pela

alta sequência de similaridade na região do ITS entre patótipos andinos e mesoamericanos.

2.3 VARIABILIDADE INTRARRAÇA

O polimorfismo intrarraça foi determinado utilizando RAPD e marcadores AFLP, sendo observado dentro de vários isolados de diferentes patótipos de *C. lindemuthianum* coletados em diferentes países. Entre 25 patótipos de *C. lindemuthianum* isolados de feijões selvagens, 75 diferenças nos amplicons obtidos da análise de RAPD foram observadas. O mais frequente patotipo (V1) exibiu mais de 20 diferentes amplicons.

Isolados da raça 73 oriundos de Honduras, México e Estados Unidos mostraram padrões distintos de RAPD, dentro e entre países. Isolados da raça 65, caracterizada nos Estados Unidos, mostraram um padrão diferente de RAPD quando comparados aos isolados oriundos do Brasil, todos monomórficos. Isolados da raça zero, coletados no México, mostraram padrões de AFLP distintos. Quatro de sete patótipos comparados quando utilizado RFLP-ITS não exibiram variabilidade intrarraça. Isolados dos patótipos 7, 17, 31 e 73 coletados em diferentes países mostraram polimorfismo. Dados de ITS de um grupo de isolados da raça 73 oriundos do México e Estados Unidos mostraram uma grande distância genética (0,9%), baseando-se no algoritmo de Jukes-Cantor, utilizado para estimativa de distâncias genéticas. O valor excedido entre patótipos distintos e de diferentes países sugere que possa existir mais variabilidade dentro do que entre os fenótipos de virulência.

O polimorfismo intrarraça observado utilizando marcadores moleculares sugere um alto nível de variabilidade molecular dentro de *C. lindemuthianum*, além de enfatizar a limitação existente para a análise da virulência apenas pela avaliação de sua variabilidade. A significância de tal variabilidade intrarraça na população do patógeno é ainda pouco compreendida, mas sugere uma evolução independente de fenótipos de

virulência específica, como observado na raça 73, quando considerada sua ocorrência em diferentes regiões geográficas.

2.4 ANÁLISE GENÉTICA DO PATOSSISTEMA *COLLETOTRICHUM LINDEMUTHIANUM* – *PHASEOLUS VULGARIS*

Nove dos patótipos coletados em plantas de feijão selvagem foram mais virulentos do que os patótipos encontrados em plantas de feijão cultivado. O patótipo andino selvagem mais virulento atacou nove das variedades diferenciadoras, com exceção das variedades México 222, AB 136 e G 2333, considerando que os patótipos mesoamericanos vindos do México foram avirulentos nas diferenciadoras com os genes Co-1, Co-4², Co-5, Co-6, Co-7; e não foram caracterizados genes na variedade Widusa. G2333 foi o único genótipo não atacado pelos patótipos coletados. Essa variedade de feijão possui a combinação de genes Co-4² / Co-5 / Co-7.

Um grande número de isolados oriundos de plantas de feijões selvagens não foram patogênicos às 12 variedades diferenciadoras (patótipo V1). Vinte e oito de 29 isolados vindos do Equador caracterizam-se como patótipo grupo 1 ou raça 0. Dado esse fato, o Equador é considerado o local de origem de um dos ancestrais de *Phaseolus*, e os isolados patogênicos nessas plantas de feijões selvagens podem representar menor número de patótipos especializados, não podendo demonstrar o mesmo nível de polimorfismo molecular presente em isolados coletados em espécies cultivadas. Treze de cinquenta isolados coletados no México apresentam reação similar a este grupo de patótipo (V1) e foram mais variáveis do que o mesmo patótipo vindo do Equador e da Argentina, demonstrando dois padrões RFLP.

No México, localiza-se o centro mesoamericano de domesticação, onde coexistem variedades selvagens e cultivadas. Neste local, os patógenos podem ter atingido maior nível de especialização, visando a conseguir sobrevivência.

Marcadores morfológicos, bioquímicos e moleculares têm utilizado feijão para demonstrar a existência de *pool* gênico mesoamericano e andino dentro de *P. vulgaris*. Unicamente marcadores moleculares e bioquímicos detectam dentro plantas de feijões selvagens populações do norte do Peru e Equador, sugerindo a presença de um terço do *pool* gênico ancestral de *P. vulgaris*. O gene de resistência do hospedeiro é classificado como mesoamericano ou andino, dependendo da origem do *pool* gênico da cultivar hospedeira. Patótipos de *C. lindemuthianum* são classificados por similaridade como mesoamericanos ou andinos também com base no *pool* gênico da variedade hospedeira de onde foi retirado cada isolado.

Os patótipos de *C. lindemuthianum* virulentos para hospedeiros mesoamericanos possuem uma grande diversidade em patogenicidade, atacando germoplasma de ambos os *pool* gênicos, entretanto, os patótipos virulentos retirados de hospedeiros andinos são principalmente patogênicos ao germoplasma andino. A primeira sugestão para uma possível associação entre variabilidade do patógeno e seu hospedeiro foi realizada antes de o feijão comum ser classificado por meio de seu *pool* gênico, mas quando ainda era baseado na reação de virulência ao *C. lindemuthianum*.

Os patótipos α e δ foram considerados de maior patogenicidade em plântulas, independentemente da variedade (*pool* gênico mesoamericano), entretanto, os patótipos β e γ foram patogênicos em plantas adultas de determinadas variedades (*pool* gênico andino). De acordo com trabalhos desenvolvidos para avaliar a reação de germoplasma de feijão a *C. lindemuthianum* em diferentes estádios fenológicos, foi demonstrado que a idade da planta influencia a reação de genótipos de feijão comum quando inoculados por quatro patótipos de *C. lindemuthianum*. Foi observada tendência de aumento na frequência de genótipos resistentes na medida em que houve avanço na idade da planta. Inoculações realizadas nos estádios V1/V2 produziram frequência inferior de genótipos resistentes quando comparado às inoculações realizadas nos estádios V4/R5 e R5/R6 (Figura 1).

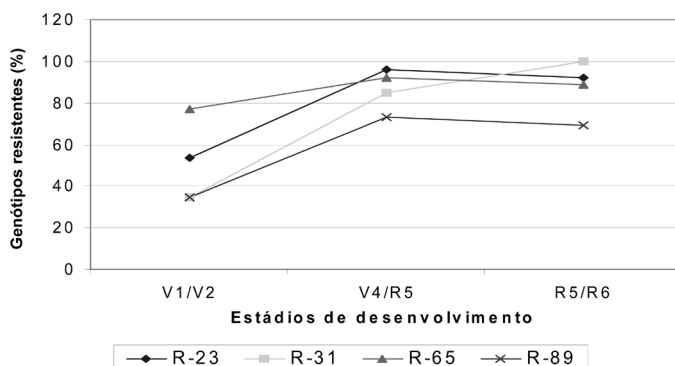


FIGURA 1 – Frequência de genótipos resistentes de feijão (*Phaseolus vulgaris*) em três estádios fenológicos, obtida a partir da inoculação de quatro patótipos de *Colletotrichum lindemuthianum*.

Fonte: Santa Maria, RS (2004).

Seleções recíprocas de genes de resistência e de virulência em *C. lindemuthianum* podem acontecer. Desde que as cultivares de feijão foram primeiramente agrupadas de acordo com a reação delas aos patótipos α e β de *C. lindemuthianum*, a seleção para resistência a antracnose se tornou o maior objetivo de programas de melhoramento a nível mundial.

O gene andino Co-1 foi o primeiro e o principal gene utilizado para o desenvolvimento da resistência à antracnose de variedades de feijão. Antes de 1978, o gene Co-1 era utilizado como única fonte de resistência em feijões cultivados em Michigan e Ontário.

Depois do aparecimento da raça δ em Ontário e nos Estados Unidos, o gene mesoamericano Co-2 foi caracterizado em uma variedade de feijão preto oriunda da Venezuela, tornando-se então a principal fonte de resistência à antracnose na América do Norte. Porém, a identificação da raça 73 em Michigan e raça αB em Ontário limitou em longo prazo a utilização do gene Co-2. A combinação dos genes Co-1 e Co-2 em algumas variedades foi sugerida como a melhor proteção a curto prazo contra todos os patótipos conhecidos atualmente presentes na América do Norte.

O gene Co-2 foi a primeira fonte predominante de resistência utilizada mundialmente. O aparecimento dos patótipos 31, 63 e 89 virulentos

para o gene Co-2, entretanto, enfatizaram a necessidade de novas fontes de resistência.

Na França, novos genes de resistência Co-3 (México I), Co-4 (México II) e Co-5 (México III) foram caracterizados através de uma coleção de germoplasma oriunda do México. Os genes Co-4 e Co-5 conferem resistência a um conjunto de patótipos que são virulentos ao gene Co-2, entretanto, o gene Co-3 pode ser superado pela raça α B.

As variedades de feijão TU, AB 136, G 2333, G2338, G3991, e G 4032 foram identificadas como possuindo resistência a nove patótipos de *C. lindemuthianum* oriundos do Brasil. Foi omitida a resistência para os isolados de *C. lindemuthianum* da América Latina e Europa. Trinta isolados da América Latina foram mais virulentos do que quatro patótipos europeus, e somente 0,25% se mostraram resistentes a todos os isolados.

Entre 20 e 144 germoplasmas foram selecionadas através de um grupo de 14 isolados (dez patótipos) de *C. lindemuthianum* vindos da América Central e países andinos, onde 1,7% destes genótipos foram resistentes, incluindo a variedade G2333. A virulência de *C. lindemuthianum* foi monitorada em diferentes países, sendo que os patótipos têm evoluído continuamente, superando a resistência dos germoplasmas. Fontes de resistência amplamente utilizadas na maioria das vezes foram obtidas em programas da Europa, América do Norte e América do Sul, sendo derrotadas pelo surgimento de patótipos em diferentes países. As variedades TO, PI 207262 e México 222 são relatadas como resistentes aos isolados europeus e latino-americanos, sendo suscetíveis os patótipos identificados no Brasil.

No México, 32 diferentes patótipos foram relatados como virulentos para as variedades Cornell 49-242, México 222, PI 207262, TO, TU e AB 136. Na Nicarágua, foram identificados isolados que superaram a resistência das variedades PI 207262, TO, TU e AB 136.

Os patótipos isolados de hospedeiros mesoamericanos foram virulentos em 11 das 12 variedades da série diferenciadora, exceto a cultivar G

2333. Esses patótipos foram caracterizados em dois grupos. O primeiro grupo apresentava virulência específica aos genes de resistência meso-americanos (Co-2, Co-3, Co-4, Co-5, e Co-6) e o segundo era formado por patótipos virulentos a genótipos pertencentes a ambos os *pool* gênicos. A durabilidade da resistência depende da eficácia e predominância da nova virulência. Fenótipos identificados dentro da população e com rápida resistência contra uma raça mais nova podem ser incorporados em germoplasma comercial. Um constante monitoramento acerca da variabilidade de *C. lindemuthianum* se faz necessário.

2.5 RESISTÊNCIA VARIETAL

A informação sobre variabilidade em *C. lindemuthianum* e a especialização de patótipos específicos em um *pool* gênico do hospedeiro é indispensável para a criação de resistência. Inúmeros estudos têm indicado que a resistência ao *C. lindemuthianum* em feijão é controlada pela ação de genes maiores isoladamente (Tabela 3), como duplicata ou fator complementar, ou como membro de uma série de alelos. A variedade mais resistente da série diferenciadora, G 2333, foi a primeira a possuir dois genes dominantes, tendo sido demonstrado que essa variedade possuía três genes independentes Co-42, Co-5, e Co-7.

A piramidação de genes maiores de resistência pode ser uma alternativa mais apropriada para criar estratégias de resistência em longo prazo a *P. vulgaris*. Conhecimento sobre a complementaridade de genes tem sugerido uma melhora na eficiência na piramidação destes genes para uma resistência durável. Se os patógenos são especializados em um *pool* gênico do hospedeiro, a piramidação de genes de resistência de diferentes *pools* gênicos pode resultar em uma maior durabilidade da resistência.

A eficiente piramidação de genes epistáticos de resistência foi demonstrada em feijão com a ajuda de marcadores moleculares. A reduzida virulência de isolados de regiões andinas comparada a dos isolados me-

soamericanos sugere que o desenvolvimento de genes resistentes entre *pools* gênicos deveria se estender ao hospedeiro.

Apesar de um grande número de estudos demonstrar que a resistência à antracnose é controlada na maioria por genes dominantes (Tabela 3) ou genes de resistência recessivos, outros mecanismos de resistência foram reportados. A variedade ICA Llanogrande é suscetível à antracnose em ensaios com plântulas, mas a resistência para o mesmo isolado em condições de campo é diferente para as regiões geográficas da América do Sul e da África. Entretanto, em ensaios em casa de vegetação, sob condições controladas, plantas da mesma variedade exibiram resistência mais alta, contudo, o mecanismo ou modo de herança é desconhecido. Em condições de campo, a cultivar Rio Negro, que carrega o gene Co-2, exibe resistência a patótipos de *C. lindemuthianum*, para o qual é suscetível em ensaios com plântulas. É possível combinar resistência não específica a genes maiores para resistência à antracnose.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A melhor resolução sobre a estrutura da variabilidade em *C. lindemuthianum* tem sido obtida através da combinação de análises de virulência e molecular. Infelizmente, a análise da virulência baseada em códigos locais e nas variedades da série diferenciadora limitou o entendimento da larga variabilidade deste patógeno. Informações obtidas a partir de análise de virulência podem ser influenciadas. Um desequilíbrio entre cultivares da série diferenciadora quanto aos *pools* gênicos poderia favorecer a identificação de patótipos pertencentes ao grupo mesoamericano. Além disso, a resistência multigênica identificada em algumas variedades diferenciadoras, tal como a G 2333, pode selecionar preferencialmente patótipos com múltiplos genes de avirulência.

O desenvolvimento de resistência durável a *C. lindemuthianum* necessita ser baseado em uma caracterização segura da variabilidade existente no patógeno.

Não foi observada congruência entre dados obtidos por RAPD/AFLP e as análises de virulência. Igualmente, a análise de sucessão RFLP da variável região ITS no RNAr dos genes em *C. lindemuthianum* não apoiou os dados de virulência ou demonstrou forte associação ao *pool* gênico do hospedeiro ou à origem geográfica do isolado. A variabilidade intra-específica mostrada pela análise molecular evidencia as limitações das análises de virulência.

Combinando dados de virulência e marcadores moleculares para a caracterização da variabilidade em *C. lindemuthianum* pode-se ter um valor limitado de novas fontes de resistência para programas locais. Piramidando e desdobrando genes de resistência conforme o *pool* gênico do hospedeiro e a região geográfica específica pode-se chegar ao desenvolvimento de uma resistência mais durável para *C. lindemuthianum*.

4 REFERÊNCIAS

- ALZATE-MARIN, A. L. et al. Inheritance of anthracnose resistance in Common bean differential cultivar ab 136. **Plant Disease**, v. 81, p. 996-998, 1997.
- ANDRUS, C. F.; WADE, B. L. **The factorial interpretation of anthracnose resistance in beans**. Washington: USDA, 1942.
- AYONOADU, U. W. U. Races of bean anthracnose in Malawi. **Turrialba**, v. 24, p. 311-314, 1974.
- BALARDIN, R. S.; KELLY, J. D. Identification of race 65-epsilon of bean anthracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) in Michigan. **Plant Disease**, v. 80, p. 712, 1996.
- BALARDIN, R. S.; KELLY, J. D. Interaction among races of *Colletotrichum lindemuthianum* and diversity in *Phaseolus vulgaris*. **Journal Amer. Soc. Hort. Sci.**, v. 123, p. 1038-1047, 1998.

BALARDIN, R. S.; PASTOR-CORRALES, M. A.; OTOYA, M. M. Variabilidade patogênica de *Colletotrichum lindemuthianum* no estado de Santa Catarina. **Fitopatol. Bras.**, v. 15, p. 243-245, 1990.

BALARDIN, R. S.; JAROSZ, A.; KELLY, J. D. Virulence and molecular diversity in *Colletotrichum lindemuthianum* from South, Central and North America. **Phytopathology**, v. 87, p. 1184-1191, 1997.

BALARDIN, R. S.; SMITH, J. S.; KELLY, J. D. Ribossomal dna polymorphism in *Colletotrichum lindemuthianum*. **Mycol. Res.**, v. 103, p. 841-848, 1999.

BANNEROT, H. Results de l'infection d'une collection de haricots par six races physiologiques d'antracnose. annales de amelioration des plantes. **Paris**, v. 15, p. 201-222, 1965.

BARRUS, M. F. Variation of varieties of beans in their susceptibility to anthracnose. **Phytopathology**, v. 1, p. 190-195, 1911.

_____. Varietal susceptibility of beans to strains of *Colletotrichum lindemuthianum* (sacc. & magn.) b. & c. **Phytopathology**, v. 8, p. 589-605, 1918.

BEEBE, S. E.; PASTOR-CORRALES, M. A. Breeding for disease resistance. In: a. VAN SCHOONHOVEN; VOYSEST, O. **Common beans: research for crop improvement**. Ciat, Colômbia: Cab International, 1991.

BLONDET, A. **l'antracnose du haricot: etude des races physiologiques du *Colletotrichum lindemuthianum***. ph. d. Paris: Faculte de Science, 1963.

BURKHOLDER, W. H. The gamma strain of *Colletotrichum lindemuthianum* (sacc. et magn.) b. et c. **Phytopathology**, v. 13, p. 316-323, 1923.

CARDENAS.; ADAMS, M. W.; ANDERSEN, A. The genetic system for reaction of field beans (*Phaseolus vulgaris* L.) to infection by three physiologic races of *Colletotrichum lindemuthianum*. **Euphytica**, v. 13, p. 178-186, 1964.

CHARRIER, A.; BANNEROT, H. Contribution à l'étude des races physiologiques de l' antracnose du haricot . ann. **Phytopathol**, v. 2, p. 489-506, 1970.

CRUICKSHANK, I. A. M. Strains of *Colletotrichum lindemuthianum* (sacc. and magn.) in Eastern Australia. **J. Aust. Inst. Agric. Sci.**, v. 32, p. 134-135, 1996.

DEL PELOSO, M. J. et al. Genetic system for the reaction of *Phaseolus vulgaris* l to ba-2 (alpha) race of *colletotrichum lindemuthianum*. **Brazil J. Genet.**, v. 12, p. 313-318, 1989.

DRIFHOUT, E.; DAVIS, J. H. C. Selection of a new set of homogeneously reacting bean (*phaseolus vulgaris*) differentials to differentiate races of *Colletotrichum lindemuthianum*. **Plant Pathology**, v. 38, p. 391-396, 1989.

DILLARD, H. R.; COBB, A. C. Survival of *Colletotrichum lindemuthianum* in bean debris in New York State. **Plant Disease**, v. 77, p. 1233-1238, 1993.

DUVICK, D. N. Plant breeding, an evolutionary concept. **Crop Sci.**, v. 36, p. 539-548, 1996.

FABRE, J. V. et al. Analysis of diverse isolates of *Colletotrichum lindemuthianum* infecting common bean using molecular markers. **Mycol. Res.**, v. 99, p. 429-435, 1995.

FOUILLOUX, G. l'antracnose du haricot: étude des relations entre les pathotypes anciens et nouveaux – etude de nouvelles sources de résistance “totale”. In: REUNION EUCARPIA HARICOT, Versailles, France, 1975. p. 81-92.

----- . New races of bean anthracnose and consequences on our breeding programs. In: MARAITE, J. A. **Disease of tropical food crops**. Belgium: Louvain-la-Neuve, 1979.

GARRIDO, E. R. Identificación de razas fisiológicas de *Colletotrichum lindemuthianum* (sacc. & magn.) scrib. en México y búsqueda de resistencia genética a este hongo. **Msc**, Institución de Enseñanza y Investigación en Ciencias Agrícolas, Montecillos, 1986.

GEPTS, P. A Middle American and an andean common bean gene pool. In: **Genetic resources of *phaseolus* beans**: their maintenance, domestication, and utilization. London: Kluwer, 1988.

GONZALEZ, M. et al. Characterization of Mexican isolates of *Colletotrichum lindemuthianum* by using differential cultivars and molecular markers. **Phytopathology**, v. 88, p. 292-299, 1998.

GOTH, R. W.; ZAUMEYER, W. J. Reactions of bean cultivars to four races of anthracnose. **Plant. Dis. Repr.**, v. 49, p. 815-818, 1965.

GUZMAN, P.; DONADO, M. R.; GALVEZ, G. E.. Perdas econômicas causadas por la antracnosis del frijol *Phaseolus vulgaris* em Colômbia. **Turrialba**, v. 29, p. 65-67, 1979.

HALLARD, J.; TREBUCHET, G. Bean anthracnose in Western Europe. **Annu. Rep. Bean Improv. Coop.**, v. 19, p. 44-46, 1976.

HUBBELING, N. Selection for resistance to anthracnose, particularly in respect to the "ebnet" race of *Colletotrichum lindemuthianum*. **Annu. Rep. Bean Improv. Coop.**, v. 19, p. 49-50, 1976.

_____. The new iota race of *Colletotrichum lindemuthianum*. **Ann. Rep. Bean Improv. Coop.**, v. 20, p. 58, 1977.

KAMI, J. et al. Identification of presumed ancestral dna sequences of phaseolin in *Phaseolus vulgaris*. **Proc. Natl. Acad. Sci.**, v. 92, p. 1101-1104, 1995.

KELLY, J. D. YOUNG, R. A. Proposed symbols for anthracnose resistance genes. **Ann. Report Bean Imp. Coop.**, v. 39, p. 20-24, 1996.

_____; MIKLAS, P. N. The role of rapid markers in breeding for disease resistance in common bean. **Mol. Breed.**, v. 4, p. 1-11, 1998.

_____; AFANADOR, L.; CAMERON, L. S. New races of *Colletotrichum lindemuthianum* in Michigan and implications in dry bean resistance breeding. **Plant Disease**, v. 78, p. 892-894, 1994.

KIMATI, H. Algumas razas fisiológicas de *Colletotrichum lindemuthianum* (sacc. & magn.) scrib. que ocorrem no estado de São Paulo. **Anais da Escola Superior de Agric. Luiz de Queiroz**, v. 23, p. 247-264, 1966.

KRUGER, J.; HOFFMANN, G. M.; HUBBELING, N. The kappa race of *Colletotrichum lindemuthianum* and sources of resistance to anthracnose in *Phaseolus* beans. **Euphytica**, v. 26, p. 23-25, 1977.

LEAKEY, C. L. A. SIMBWA-BUNNYA, M. Races of *Colletotrichum lindemuthianum* and implications for bean breeding in Uganda. **Ann. Appl. Biol.**, v. 70, p. 25-34, 1972.

MASTENBROEK, C. A breeding programme for resistance to anthracnose in dry shell haricot beans, based on a new gene. **Euphytica**, v. 9, p. 177-184, 1960.

MEDEIROS, L. A. M. **Resistência genética de germoplasma de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) ao *Colletotrichum lindemuthianum***. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.

MENEZES, J. R.; DIANESE, J. C. Race characterization of Brazilian isolates of *Colletotrichum lindemuthianum* and detection of resistance to anthracnose in *Phaseolus vulgaris*. **Phytopathology**, v. 78, p. 650-655, 1988.

MESQUITA, A. G. G. et al. Identification of races of *Colletotrichum lindemuthianum* with the aid of molecular markers. **Annu. Rep. Bean Improv. Coop.**, v. 41, p. 88-89, 1998.

MUHALET, C. S. et al. Genetic system for the reaction of field beans to beta, gamma, and delta races of *Colletotrichum lindemuthianum*. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.**, v. 106, p. 601-604, 1981.

MUJICA, R. F. Razas fisiológicas y susceptibilidad varietal de los frijoles chilenos a la antracnosis. **Agri. Téc.**, Santiago, v. 12, p. 37-45, 1952.

NOYOLA, I. T. U.; LOPEZ, G. F.; MURUAGA, J. Determinación de razas fisiológicas de *Colletotrichum lindemuthianum* (sacc. & magn.) scribe. In: Cong. Nac. de Fitopatología, 11., 1984, San Luis Potosi, Mexico. **Resúmenes...** San Luis Potosi, Mexico: Soc. Mexicana de Fitopatología, 1984.

OLIARI, L.; VIEIRA, C.; WILKINSON, E. Physiologic races of *Colletotrichum lindemuthianum* in the state of Minas Gerais, Brazil. **Plant Disease Reporter**, v. 57, p. 870-872, 1973.

OLIVEIRA, E. A.; ANTUNES, I. F.; COSTA, J. G. C. **Raças fisiológicas de *Colletotrichum lindemuthianum* identificadas no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina de 1968 a 1972**. Inst. Pesq. Agron. do Sul, 1973.

PASTOR-CORRALES, M. A. **La antracnosis del frijol común, *Phaseolus vulgaris*, em América Latina**. Cali, Colômbia: Ciat, 1988. Documento de Trabajo, 113.

PASTOR-CORRALES, M. A. Estandarizacion de variedades diferenciales y de designacion de razas de *Colletotrichum lindemuthianum*. **Phytopathology**, v. 81, p. 694, 1991. Abstract.

_____. Traditional and molecular confirmation of the coevolution of beans and pathogens in Latin America. **Ann. Rep. Bean Improv. Coop.**, v. 36, 1996.

_____.; TU, J. C.. Anthracnose. 77-104 in bean production problems in the tropics. Cali, Colombia: Ciat, 1989.

_____. et al. Disease resistance mechanisms in beans to the anthracnose pathogen. **Phytopathology**, v. 75, p. 1176, 1985. Abstract.

_____.; ERAZO, O. A. Inheritance of anthracnose resistance in Common bean accession g2333. **Plant Disease**, v. 78, p. 959-962, 1994.

PEURER, H. Continued investigation on the occurrence of biological strains in *Colletotrichum lindemuthianum* (sacc. & magn.)bri. et cav. **Phytopathol.**, v. 4, p. 83-112, 1931.

PIO-RIBEIRO, G.; CHAVES, G. M. Raças fisiológicas de *Colletotrichum lindemuthianum* (sacc. et magn.) scrib. que ocorrem em alguns municipios de Minas Gerais, Espírito Santo e Rio de Janeiro. **Experientiae**, v. 19, p. 95-118, 1975.

RAVA, C. A.; MOLINA, J.; KAUFFMANN, M.; BRIONES, I. Determinacion de razas fisiologicas de *Colletotrichum lindemuthianum* en nicaragua. **Fitopatol. Bras.**, v. 18, p. 388-391, 1993.

RESTREPO, S. DNA polymorphism and virulence variation of *Colletotrichum lindemuthianum* Colombia. **Etudes Approfondies de Phytopathologie**, Paris-Grignon, France: Institut National Agronomique, 1994.

RODRIGUEZ GUERRA, R. Identificacion de razas patogenicas de *Colletotrichum lindemuthianum* (sacc. y magn.) scrib. en el estado de durango mediante un sistema propuesto internacionalmente y respuesta de genotipos de frijol tolerantes a sequia a razas del patogeno. Master. **Parasitologia Agricola**, Universidad Autonoma Agraria "Antonio Narro", Buenavista, 1991.

SCHNOCK, M. G.; HOFFMANN, G. M.; KRUGER, J. A new physiological strain of *Colletotrichum lindemuthianum* infecting *Phaseolus vulgaris* L. **Hortscience**, v. 10, p. 140, 1979.

SCHREIBER, F. Resistenzzüchtung bei *Phaseolus vulgaris*. **Phytopathol.** v. 4, p. 415-454, 1932.

SCHWARTZ, H. F.; PASTOR-CORRALES, M. A.; SINGH, S. P. New sources of resistance to anthracnose and angular leaf spot of beans (*Phaseolus vulgaris*). **Euphytica**, v. 31, p. 741-754, 1982.

SICARD, D. et al. Genetic diversity and pathogenic variation of *Colletotrichum lindemuthianum* in the three centers of diversity of its host, *Phaseolus vulgaris*. **Phytopathology**, v. 87, p. 807-813, 1997.

SINGH, S. P.; GEPTS, P.; DEBOUCK, D. G. Races of common bean (*Phaseolus vulgaris*, fabaceae). **Economic Botany**, v. 45, p. 379-396, 1991.

SOMAVILLA, L. L.; PRESTES, A. M. Identificação de patótipos de *Colletotrichum lindemuthianum* de algumas regiões produtoras de feijão no Rio Grande do Sul. **Fitopatol. Bras.**, v. 24, p. 416-421, 1999.

SUTTON, B. C. The genus *glomerella* and its anamorph *Colletotrichum*. In: BAILEY, J. A.; JEGGER, M. J. (Eds.). **Colletotrichum biology, pathology and control**. Wallingford, UK: Cab International, 1992.

TU, J. C. Control of bean anthracnose caused by the delta and lambda races of *Colletotrichum lindemuthianum* in Canada. **Plant disease**, v. 72, p. 5-8, 1988.

_____. *Colletotrichum lindemuthianum* on bean. population dynamics of the pathogen and breeding for resistance. In: BAILEY, J. A.; JEGGER, M. J. (Eds.). **Colletotrichum biology, pathology and control**. Wallingford, UK: Cab International, 1992.

_____. Occurrence and characterization of the alpha-brazil race of bean anthracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) in Ontario. **Canadian Journal of Plant Pathology**, v. 16, p. 129-131, 1994.

_____.; SHEPPARD, J. W.; LAIDLAW, D. M. Occurrence and characterization of the epsilon race of bean anthracnose in Ontario. **Plant Disease**, v. 68, p. 69-70, 1984.

- VILARINHOS, A. D. et al. Characterization of races of *Colletotrichum lindemuthianum* by the random amplified polymorphic dna technique. **Fitopatol. Bras.**, v. 20, p. 194-198, 1995.
- WATERHOUSE, W. L. Studies of bean anthracnose in Australia. **Proc. Linn. Soc. N. S. W.**, v. 80, p. 71-83, 1955.
- YERKES, W. D. J. Additional new races of *Colletotrichum lindemuthianum* in Mexico. **Plant Dis. Rept.**, v. 42, p. 329, 1958.
- YERKES JUNIOR.; W. D.; ORTIZ, M. T. New races of *Colletotrichum lindemuthianum* in Mexico. **Phytopathology**, v. 46, p. 564-567, 1956.
- YOUNG, R. A.; KELLY, J. D. Characterization of the genetic resistance to *Colletotrichum lindemuthianum*. In: Common bean differential cultivars. **Plant Dis.**, 1996.
- YOUNG, R. A.; KELLY, J. D. RAPD markers linked to three major anthracnose resistance genes in Common bean. **Crop Sci.**, v. 37, p. 940-946, 1997.
- YOUNG, R. A. et al. Marker assisted dissection of oligogenic anthracnose resistance in the Common bean cultivar, g 2333. **Theor. Appl. Genet.**, v. 96, p. 87-94, 1998.

Efeitos da Irrigação sobre as Doenças

Murillo Lobo Junior

Trazilbo José de Paula Júnior

Pedro Marques da Silveira

Reginaldo Lamberti Napoleão

1 IRRIGAÇÃO E PRODUÇÃO DE FEIJÃO

A produção de grãos em áreas do cerrado brasileiro foi impulsionada a partir da década de 1980 com a implantação de sistemas agrícolas, os quais permitem obter até três safras anuais. As áreas irrigáveis nos cerrados são estimadas em 10 milhões de ha, sendo a irrigação o principal fator que determina a produção agrícola na região durante o período de maio a setembro, quando a precipitação pluvial é mínima e insuficiente para atender às necessidades hídricas das culturas. Nas lavouras cultivadas na estação seca são utilizados, em geral, sistemas de aspersão por pivô central, o que faz com que o agricultor se sinta estimulado a usar maior nível de tecnologia e acabe contribuindo para o aumento da produtividade das culturas. Estima-se em mais de 4 mil unidades o número de pivôs centrais existentes, somente nos estados de Minas Gerais, de Goiás e no Distrito Federal.

Os sistemas agrícolas de grãos implantados durante a estação seca do ano (maio-setembro) nos cerrados envolvem, basicamente, as

culturas do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), tomate para processamento industrial (*Lycopersicon esculentum* Mill.), ervilha (*Pisum sativum* L.) e trigo (*Triticum aestivum* L.). Durante a estação chuvosa (outubro-março), essas áreas são cultivadas principalmente com o milho (*Zea mays* L.), a soja (*Glycine max* (L.) Merrill) e o arroz (*Oryza sativa* L.). Com frequência, alguns cultivos são conduzidos na “safrinha” (fevereiro-abril), em especial de feijão e milho, quando a irrigação pode ser acionada em caso de escassez de chuvas.

Cerca de 80% da área plantada sob pivô central é cultivada com a cultura do feijão. A preferência por essa leguminosa deve-se à alta produtividade média do feijão irrigado (2.400 kg/ha, com possibilidade de chegar próximo a 5.000 kg/ha) e às facilidades de produção e comercialização. É notável o contraste entre essas produtividades e as médias obtidas durante a semeadura “das águas” (790 kg/ha no Brasil, 1.600 kg/ha no Centro-Oeste). A cultura do feijão produzida com irrigação na região central do Brasil é colhida na entressafra de outras regiões e desempenha um importante papel na estabilização de preços ao consumidor, evitando oscilações de oferta, comuns no passado. O volume de feijão produzido em lavouras irrigadas é aproximadamente 170.000 t/ano, equivalente a 15% da produção nacional e a 30% dos grãos tipo “carioca».

2 IRRIGAÇÃO E DOENÇAS FOLIARES

Uma das vantagens do cultivo de feijão no período de maio a setembro na região central do Brasil é que os grãos são geralmente obtidos em condições de ambiente desfavoráveis à ocorrência de doenças foliares da cultura, 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, e com baixa umidade relativa. Essas condições limitam o desenvolvimento de doenças como a antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) e o crestamento-bacteriano (*Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*). Mes-

mo assim, podem ocorrer temperaturas e períodos de molhamento foliar extensos o suficiente para a ocorrência de doenças foliares, principalmente quando se utilizam irrigações excessivamente frequentes.

Dentre as doenças da parte aérea da cultura do feijão, a mancha-angular (*Phaeoisariopsis griseola*) é a que requer acompanhamento mais cuidadoso nos plantios irrigados. Apesar de ser raramente transmitida por sementes, essa doença teve seu *status* alterado, passando de doença de importância secundária nos cerrados na década de 1980 para doença de importância epidêmica, pela existência de cultivos de feijão durante todo o ano e, portanto, fonte de inóculo constante. Os esporos de *P. griseola* são disseminados a grandes distâncias e atingem cultivares suscetíveis, com potencial de danos de 70% da produção, se não for feito o controle preventivo.

A mancha-angular e a ferrugem (*Uromyces appendiculatus*) podem ser responsáveis por desfolha da planta de feijão, com perda de produtividade e redução da qualidade das sementes, ainda que danos expressivos por essas e outras doenças foliares sejam raros na maioria dos casos. Além das facilidades ao escape às doenças, produtores tecnificados não deixam de utilizar medidas complementares ao controle das doenças foliares, como o uso de fungicidas e resistência genética, quando disponível.

3 IRRIGAÇÃO E DOENÇAS CAUSADAS POR PATÓGENOS HABITANTES DO SOLO

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. A disseminação de patógenos endêmicos nos solos da região dos cerrados (*Fusarium solani* f. sp.

phaseoli e *Rhizoctonia solani*), favorecidos pela umidade fornecida pela irrigação, também sofreu aumento nos últimos anos como decorrência do cultivo de feijão irrigado.

O aumento do inóculo de patógenos que sobrevivem no solo tornou-se um dos maiores desafios para a agricultura irrigada, pois o cultivo intensivo nessas áreas resulta na ocorrência de duas doenças epidêmicas em um único ciclo da planta de feijão. As mais comuns são as podridões-radiculares causadas por *F. solani* f. sp. *phaseoli* e *R. solani*, o mofo-branco causado por *Sclerotinia sclerotiorum* e a murcha-de-fusarium causada por *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*). Todos esses fungos podem sobreviver por vários anos no solo, por meio de estruturas de resistência (escleródios e clamidósporos).

Os clamidósporos e os escleródios de *F. solani* e *R. solani* são estimulados a germinar por exsudatos produzidos por sementes e raízes. Essas estruturas de resistência também podem ser estimuladas por raízes de plantas não hospedeiras para germinar mesmo sem causar danos, garantindo sua sobrevivência até que tecidos de plantas suscetíveis estejam disponíveis. Além disso, *R. solani* e *S. sclerotiorum* são patógenos polífagos, podendo infectar centenas de plantas hospedeiras cultivadas ou não, principalmente espécies de Fabaceae, Solanaceae e Cruciferae. As gramíneas são consideradas como não hospedeiras desses patógenos, mas sua palhada pode ser facilmente colonizada por estrategistas “R”, como *F. solani* f. sp. *phaseoli* e *R. solani*, gerando facilidades para o aumento do inóculo no solo a cada safra.

Nos cultivos do feijão irrigados por aspersão, o plantio direto vem tendo aceitação cada vez maior na região central do Brasil, como alternativa de manejo correto e sustentável do solo e da água. Contudo, a maior densidade do solo, a menor porosidade e as temperaturas mais frias nos solos cultivados com esse sistema têm sido favoráveis ao desenvolvimento de diversos patógenos que habitam o solo, o que tem dificultado sobremaneira o manejo dessas áreas. A queda da produtividade da cul-

tura do feijão tem sido uma das consequências observadas em plantio direto contínuo e rotações inadequadas, ainda que nem sempre ocorra.

4 TENSÃO DE ÁGUA NO SOLO E SEVERIDADE DAS DOENÇAS

Solos com umidade acima de 70% da capacidade de campo (tensão de água do solo igual a 8 kPa [kiloPascal] ou 0,08 bar) favorecem as infecções de *R. solani*. Além disso, a podridão-radicular de *R. solani* é mais severa quando a temperatura do solo situa-se entre 15 e 18°C. Acima de 21°C, o número de lesões é reduzido, provavelmente porque as plantas emergem mais rapidamente e podem escapar de infecções mais severas. Entretanto, resultados contraditórios têm sido frequentemente encontrados na literatura, indicando que nem sempre aumentos no teor de água do solo correspondem à maior intensidade de podridão-radicular de *Rhizoctonia*. Não foi encontrada correlação entre a severidade da podridão-radicular de *Rhizoctonia* e tensão de água no solo variando de 0,7 kPa (umidade próxima ao solo saturado) a 1030 kPa (próximo ao ponto de murcha); entretanto, a sobrevivência do fungo pelo período de um ano foi maior em solos mais secos.

As podridões radiculares podem causar grande redução na produtividade, especialmente quando condições ambientais favoráveis aos patógenos, como solos compactados e alta umidade, persistirem durante o crescimento vegetativo da cultura. A temperatura amena, entre 15 e 20°C, associada à irrigação, favorece o desenvolvimento de patógenos de solo. Já foi demonstrado por vários pesquisadores que a umidade do solo é fator essencial para o desenvolvimento de podridões radiculares e murchas vasculares. Ocorre que muitas vezes a irrigação é manejada empiricamente e, desse modo, ocorrem perdas de até 100% da produção. Para compensar falhas no estande e o ataque de doenças, alguns produtores fazem uso de altas dosagens de insumos químicos, gerando custos de produção elevados nessas culturas.

Perdas econômicas causadas por murchas e podridões radiculares podem ocorrer, oriundas do custo de uma adubação excessiva, realizada na tentativa de compensar parcialmente a deficiência de raízes da planta, como também da condenação de áreas quando implantadas para a produção de sementes. As perdas indiretas ocorrem também com a utilização de maiores períodos de rotação com espécies de menor interesse econômico, quando se utiliza a rotação de culturas para diminuir a incidência dessas doenças.

As condições que afetam a interação planta x patógeno x ambiente podem ser manejadas apenas em parte, como, por exemplo, a irrigação e a densidade de semeadura, para o bom desenvolvimento das plantas, sem causar estresse hídrico ou encharcamento do solo, o qual predispõe as plantas às infecções. Por outro lado, não há opções que alterem a temperatura do solo o suficiente para reduzir drasticamente o desenvolvimento de *F. solani* f. sp. *phaseoli* e *R. solani*.

A absorção de água pelas sementes após a semeadura leva a um processo rápido de liberação de exudatos, que por sua vez influencia com rapidez a germinação de propágulos de fungos causadores de podridões radiculares. Estudos avaliaram a influência da umidade do solo na germinação de clamidósporos de *F. solani* f. sp. *phaseoli* a várias distâncias das sementes de feijão, 24 horas após a semeadura. A germinação de 26% a 38,5% dos clamidósporos distantes até 2 mm das sementes de feijão ocorre 24 horas após a semeadura, com redução dessa taxa em distâncias maiores. Em solos a 5 kPa de tensão, nenhuma germinação foi observada além de 10 mm de distância das sementes.

Em solo frio e úmido a emergência das plântulas é lenta e há maior exposição das raízes às podridões por *F. solani* f. sp. *phaseoli* e *R. solani*. Em alguns casos, o estande mal formado leva o produtor a gradear a área recém-plantada. Esses danos podem ser reduzidos evitando-se a semeadura profunda. A semeadura deve ser evitada em temperaturas muito baixas, bem como a colocação do adubo na linha de semeadura, o que pode levar à queima de raízes. Práticas que promovam a germinação

rápida e a formação de um sistema radicular vigoroso, que atinja rapidamente as camadas mais profundas do solo, devem ser estimuladas, principalmente em sistemas irrigados, em que as perdas por podridões radiculares atingem com frequência 50% da produção. A associação de semeadura rasa e uso do antagonista *Trichoderma* contribuiu efetivamente para o controle da podridão-radicular de raízes do feijão causada por *R. solani* em solos infestados.

A planta de feijão possui sistema radicular relativamente raso. De modo geral, em solos profundos as raízes das plantas de feijão crescem lateralmente de 20 a 30 cm e a uma profundidade de 80 cm ou mais. O sistema radicular se concentra próximo à superfície do solo, com cerca de 90% das raízes na camada de 0 a 60 cm, que é considerada como a camada relevante para enraizamento e manejo da irrigação. Durante o desenvolvimento da cultura, apenas cerca de 10% da água absorvida pelas plantas de feijão são obtidos abaixo de 60 cm.

Em lavouras em que a rotação de culturas é conduzida apenas com espécies cujo sistema radicular atinge profundidades semelhantes ao sistema radicular do feijão, é muito comum a formação de uma camada compactada entre 20 e 30 cm de profundidade, o que ocorre também quando há trânsito de máquinas. A existência dessa camada faz com que as raízes da planta de feijão fiquem concentradas mais próximas à superfície. O acúmulo de raízes, de água e do inóculo de patógenos na mesma faixa potencializa as chances de infecção nas plantas. Por isso, o rompimento dessa camada e a consequente reestruturação do solo são importantes no manejo dos patógenos do solo.

Além de impedir a distribuição de raízes no solo, a compactação também afeta a capacidade de retenção de água no solo, o que gera estresse para as plantas e contribui para o desenvolvimento de patógenos. Como são aeróbicos, os patógenos se concentram mais próximos à superfície do solo, de modo que a concentração do sistema radicular em camadas mais superficiais o deixa praticamente todo exposto ao ataque de patógenos.

A profundidade e a capacidade de retenção de água do solo também têm grande importância no manejo da irrigação da cultura do feijão. Dispondo dessas informações, o agricultor pode utilizar equipamentos como tensiômetros ou o tanque “Classe A” para manejar de modo racional a irrigação da lavoura. A textura do solo determina a quantidade de água disponível na região onde há raízes, de modo que a frequência da irrigação será inversamente proporcional à capacidade de retenção de água do solo. O irrigante pode se orientar por um critério técnico que forneça água à cultura em níveis adequados, reduzindo o período de molhamento foliar e as condições ambientais favoráveis para a germinação carpogênica de escleródios de *S. sclerotiorum* no solo.

No plantio direto são observados menores valores e menor variação ao longo do ciclo da tensão matricial da água no solo, em comparação aos demais sistemas de preparo do solo. Essa menor oscilação, junto à maior compactação do solo, também favorece o desenvolvimento de patógenos e não necessariamente causam maior intensidade de doenças, pois também podem favorecer o desenvolvimento de antagonistas.

5 IRRIGAÇÃO E MANEJO DO MOFO-BRANCO

Para que o fungo *S. sclerotiorum* possa se desenvolver e provocar epidemia, é necessário que teores de água adequados sejam mantidos por um período que varia com o local e o tipo de solo. Estima-se também que são necessárias entre 16 e 24 horas de molhamento contínuo para a infecção de folhas, hastes e vagens por *S. sclerotiorum*, a partir de seu contato com pétalas em senescência e infectadas. Desse modo, o período em que as folhas permanecem molhadas e a frequência da irrigação (ou das chuvas) são mais importantes do que a quantidade de água. O apodrecimento de vagens também pode ocorrer, caso o solo permaneça úmido ao final do ciclo da cultura e as vagens entrem em contato com o solo.

A umidade do solo também afeta a germinação carpogênica de escleródios de *S. sclerotiorum*. Para que a germinação carpogênica ocorra, os escleródios devem receber luz suficiente para a emissão das estipes e a formação dos apotécios (Foto 39). Caso contrário, só ocorrerá a germinação miceliogênica, ou seja, a produção de micélio diretamente a partir de escleródios, que ocorre raramente; esse micélio, em contato com tecidos sadios das plantas hospedeiras, é capaz de penetrá-los. Os apotécios (Foto 39) são a fonte de inóculo mais importante de *S. sclerotiorum*, pois produzem grande quantidade de ascósporos que, depois de ejetados, são facilmente transportados pelo vento e podem infectar plantas em um raio de 50 a 100 m da fonte produtora.

A produção de apotécios é dependente de luz e do teor de água do solo. O número de apotécios produzidos por cada escleródio na superfície do solo ou enterrados até 1 cm de profundidade foi maior sob tensão de água no solo entre 11 a 40 kPa. Acima de 100 kPa, os escleródios na superfície do solo tiveram germinação carpogênica reduzida em relação aos enterrados no solo.

Considerando as condições de tensão de água no solo, em latossolo vermelho-escuro do cerrado foi verificado que o melhor momento de irrigação da cultura de feijão deve ser quando a tensão de água é de 30 a 40 kPa, com o tensiômetro instalado a 15 cm de profundidade. Além disso, observou-se que o requerimento hídrico da cultura foi de 300 a 500 mm de lâmina d'água.

Com irrigação excessiva, a intensidade do mofo-branco é 13 vezes maior do que com irrigação conduzida racionalmente. Em áreas com histórico de mofo-branco, alguns produtores de feijão irrigado têm provocado estresse hídrico na fase vegetativa do ciclo da cultura, reduzindo a lâmina de irrigação. Esse procedimento visa a criar condições desfavoráveis à doença pela redução da umidade do solo e do desenvolvimento das plantas. Com o desenvolvimento mais lento, a cultura fecha o dossel mais tarde, melhorando a aeração entre as plantas. Embora a fase reprodutiva seja

a mais sensível ao estresse hídrico, o déficit na fase vegetativa também é prejudicial, havendo perdas na produtividade devido ao menor pegamento de flores, o que pode ser parcialmente compensado por aumentos na adubação nitrogenada de cobertura.

Aumentos do número de apotécios e da incidência do mofo-branco também foram observados sob maiores níveis de umidade do solo. De modo contrário, em solo menos úmido, houve redução ou ausência de apotécios, respectivamente, no inverno e no outono. Embora o volume de água necessário para o desenvolvimento da cultura de feijão possa ser adequado para o desenvolvimento do mofo-branco, a frequência de irrigação é mais importante para a doença do que a lâmina d'água aplicada. De fato, a frequência das chuvas é mais importante do que o volume de água precipitado, pois, mesmo um volume de chuva menor, porém mais frequente, propicia maior severidade de mofo-branco na cultura do feijão.

A necessidade de regas mais frequentes durante a floração das plantas de feijão pode ser amenizada mantendo-se uma camada de palha sobre o solo, como é feito no plantio direto. A palhada reduz ou previne a formação de apotécios sobre o solo e funciona também como barreira física que barra os ascósporos de *S. sclerotiorum*, reduzindo a severidade do mofo-branco sobre o feijoeiro.

A palhada atua no processo de evaporação de água no solo, reduzindo a taxa de evaporação diária. Em quantidade adequada, altera a relação solo-água, prevenindo a evaporação e reduzindo a taxa de evapotranspiração das culturas, principalmente nos estádios em que o dossel destas não cobre totalmente o solo, o que resulta em redução na frequência de irrigação e em economia nos custos de operação do sistema de irrigação. Outros benefícios da palhada são apresentados no capítulo 18 sobre manejo de doenças de solo com o cultivo de braquiárias.

Com o emprego do plantio direto, mantendo a palhada sobre o solo, é possível reduzir o número de apotécios, apesar de o menor número de

apotécios não corresponder necessariamente à menor severidade do mofo-branco, pois apotécios em uma área infestada podem originar focos da doença em lavouras vizinhas. A infecção a partir da germinação miceliogênica também foi relatada em áreas de produção do Distrito Federal, onde, mesmo na ausência de apotécios, verificou-se grande desenvolvimento da doença, principalmente em folhas e vagens próximas à superfície do solo. Todavia, os ascósporos produzidos em apotécios são a forma prevalente de infecção nas diferentes espécies hospedeiras de *S. sclerotiorum*.

Já foi demonstrada por vários autores que ocorre menor intensidade do mofo-branco na cultura do feijão irrigado por aspersão em sistema de plantio direto, sobre palhada de milheto, do que no plantio convencional. Essa resposta foi observada por dois anos consecutivos utilizando-se as cultivares Pérola e Diamante Negro e um gradiente de umidade do solo obtido com a aplicação de diferentes lâminas de água, demonstrando novamente a vantagem do sistema plantio direto sobre o sistema convencional na redução da doença. Na mesma área, também foi demonstrada a maior produção de escleródios nas parcelas com o plantio convencional (Tabela 1).

Outra opção para o manejo do mofo-branco em áreas irrigadas é a aplicação de fungicidas misturados à água de irrigação (fungigação), que, dependendo do ingrediente ativo utilizado, pode inibir a geminação de escleródios ou a formação de apotécios. Há legislação estadual específica sobre fungigação, que pode permitir ou proibir essa prática. Apesar do alto volume de água utilizado, a fungigação pode ser viável para o controle do mofo-branco pela uniformidade da distribuição do produto e proteção das plantas, proporcionando também aumento no rendimento da cultura do feijão. A aplicação do fungicida fluazinam via água de irrigação proporcionou aumento de até 31,5% da produtividade da cultura do feijão, em comparação com a testemunha. Em outro experimento, verificou-se a inibição de 100% da formação de apotécios no solo, com o uso do fungicida vinclozolim, via irrigação.

TABELA 1 – Número de escleródios presentes no resíduo retido na operação da trilhadora da cultivar Pérola em plantio direto e convencional e diferentes lâminas d'água de irrigação. Brasília (DF, 1998).

Sistema de plantio	Lâmina d'água aplicada (mm)(*)				
	259	363	467	571	Média
Convencional	15 a	172 a	102 a	48 a	84,3 a
Direto	7 a	20 b	24 b	33 a	21,0 b

Fonte: NAPOLEÃO (2001).

Nota: (*) Valores seguidos de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey.

A aplicação de fungicidas via pivô também apresenta praticidade e economia, por não gerar gastos com maquinário e não destruir plantas durante o trânsito de máquinas agrícolas após o fechamento das fileiras da cultura de feijão. Vale lembrar que os inconvenientes da passagem de tratores e pulverizadores podem ser reduzidos com ajustes no local, e que a pulverização via barra pode ser tão eficiente quanto a fungigação no controle do mofo-branco.

Mesmo com vários resultados consistentes de controle do mofo-branco com a utilização de fungigação, há relatos de insucesso dessa prática, a qual pode ser afetada pela época de aplicação, pela densidade de inóculo no solo e pelo estágio de desenvolvimento dos sintomas da doença e estágio fisiológico da cultura. Lâminas de água de 2 e 10 mm foram as menos eficientes e comprometem o controle do mofo-branco e o desenvolvimento das plantas. As lâminas compreendidas entre 4 a 6 mm mostraram-se ideais para aplicação de fungicidas como tiofanato metílico, procimidone, fluazinam e vinclozolin, proporcionando controle mais eficiente da doença.

Estima-se que o custo adicional com fungicidas somente para o controle do mofo-branco corresponda a 20% do custo de produção (R\$650,00/ha), porém os efeitos do controle químico em áreas com mais de 19 escleródios/m² são limitados. Esse fato torna obrigatório o uso de outras práticas que reduzam o inóculo inicial e/ou a taxa de progresso de doença. Em

algumas áreas muito contaminadas, os custos de produção tornam-se altíssimos e podem superar R\$3.000,00/ha na cultura do feijão, desestimulando o seu cultivo. Esse é o panorama de áreas produtoras tradicionais no sudoeste do Goiás, noroeste de Minas Gerais e no entorno do Distrito Federal, onde as áreas irrigadas em municípios representativos para a cultura do feijão vão de 5.000 ha a 16.000 ha. Extensas áreas onde sistemas de irrigação foram implantados nos últimos cinco anos, nos estados de Mato Grosso e Bahia encontram-se infestadas com o complexo de patógenos de solo devido ao uso de sementes infectadas e cultivos intensivos.

6 RECOMENDAÇÕES GERAIS

A irrigação da cultura do feijão deve ser orientada pelo uso de tensiômetros, que indicam o momento adequado para uso da água, ou por outro método de manejo. De modo geral, recomendam-se regas menos frequentes de tal maneira que se evite o excesso de umidade no solo. Irrigações com lâminas de água grandes e esparsas são, portanto, preferíveis a irrigações leves e frequentes. As irrigações noturnas são preferíveis às irrigações diurnas para que a planta seque mais rapidamente. Além disso, é importante que a água seja aplicada uniformemente no campo, evitando-se a compactação e o acúmulo de água nas camadas próximas à superfície do solo. Essa medida, além de contribuir para a redução da intensidade das doenças, também diminui os custos com água, eletricidade ou combustível. Deve-se suspender a irrigação assim que as vagens mais velhas amarelecem. Em campos de produção de sementes, a irrigação por subirrigação ou por superfície é preferível sob o ponto de vista fitossanitário, ainda que poucas áreas possam ser sistematizadas para esses métodos de irrigação.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os patógenos que habitam o solo e atacam a cultura do feijão e outras culturas podem ser manejados, mas não eliminados do solo. Metodologias

integradas e cuidadosamente implementadas para a produção da cultura reduzem a severidade das doenças e os danos às plantas. O manejo da irrigação se insere nessa estratégia pelos motivos descritos anteriormente, e também por definir o sucesso de outras práticas de controle.

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 consequências das reduções 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. A necessidade e cobrança e outorga da água utilizada nos sistemas irrigados também deve pressionar os usuários da irrigação a adotarem medidas de uso mais racional da água disponível.

Por fim, é importante considerar que áreas de sequeiro na região Sul do país ou em áreas acima de 800 m de altitude no Sudeste ou no Centro-Oeste estão sujeitas a danos causados por patógenos de solo na mesma intensidade que nas áreas irrigadas. Apesar da impossibilidade de se controlar o volume e a distribuição das chuvas, o uso de palhada e de práticas para descompactação e conservação de solo e água são igualmente importantes para reduzir o ambiente favorável à ocorrência de patógenos e promover o escape de plantas às doenças.

8 REFERÊNCIAS

BARDIN, S. D.; HUANG, H. C. Research on biology and control of *Sclerotinia* diseases in Canada. **Canadian Journal of Plant Pathology**, v. 23, p. 88-98, 2001.

COSTA, G. R.; COSTA, J. L. Efeito da aplicação de fungicidas no solo sobre a germinação carpopôgica e miceliogênica de escleródios de *Sclerotinia sclerotiorum*. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 34, p. 133-138, 2004.

COSTA, J. L. S. Soil inoculum density limiting the effectiveness of chemicals on the control of white mold on dry beans. In: AN INTEGRATED APPROACH TO COMBATING RESISTANCE, 1997. **Anais...** Harpenden – Herts, 1997.

_____.; TRINDADE, L. C. Lâmina de água utilizada na fungigação determina a eficiência de controle do mofo branco do feijoeiro. **Pesquisa em Foco**, n. 42, 2000.

DELAHAUT, K. A.; NEWENHOUSE, A. C. N. **Growing beans and peas in Wisconsin: a guide for fresh-market growers**. Madison: University of Wisconsin, 1997.

FENILLE, R. C.; SOUSA, N. L. Efeitos de materiais orgânicos e da umidade do solo na patogenicidade de *Rhizoctonia solani* Kühn GA-4 HGI ao feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, p. 1959-1967, 1999.

Ferraz, I. C. I. et al. Effects of soil moisture, organic matter and grass mulching on the carpogenic germination of sclerotia and infection of bean by *Sclerotinia sclerotiorum*. **Plant Pathology**, v. 48, p. 77-82, 1999.

LEWIS, J. A.; PAPAVIDAS, G. C. Factors affecting *Rhizoctonia solani* infection of soybeans in the greenhouse. **Plant Disease Reporter**, v. 61, p. 196-200, 1977.

NAPOLÊÃO, R. L. **Efeito do sistema de plantio, da irrigação e do espaçamento sobre o mofo-branco do feijoeiro, causado por *Sclerotinia sclerotiorum***. Tese (Doutorado) – Universidade de Brasília, Brasília, 2001.

_____. et al. Intensidade do mofo-branco do feijoeiro em plantio convencional e direto sob diferentes lâminas d'água. **Fitopatologia Brasileira**, v. 30, p. 374-379, 2005.

Nasser, L. C. B.; Sutton, J. C. Palhada de arroz pode controlar importante doença do feijoeiro irrigado. **Cerrados Pesquisa Tecnológica**, n. 3, p. 6, 1993.

NDSU Extension Service. **Dry bean production guide**. Fargo, North Dakota: North Dakota State University of Agriculture and Applied Science, 2003.

OLIVEIRA, S. H. F. et al. Avaliação comparativa da fungigação e aplicação convencional de fungicidas para controle de *Sclerotinia sclerotiorum* em feijoeiro. **Summa Phytopathologica**, v. 21, p. 249-252, 1995.

OLIVEIRA, S. H. F.; KIMATI, H. Eficiência da fungigação no controle do mofo branco (*Sclerotinia sclerotiorum*) do feijoeiro. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 7, 2002, Viçosa, MG. **Resumos expandidos...** Viçosa, 2002. p. 184-186.

PAULA JUNIOR, T. J. **Ecological investigations as a basis for integrated management of bean *Rhizoctonia* root rot.** Hannover. Thesis (PhD) – Universität Hannover, Hannover, 2002.

Román-Avilés, B. et al. *Fusarium* Root Rot of Common Beans. **Extension Bulletin E2876**, East Lansing: Michigan State University, 2003.

SILVEIRA, P. M.; STONE, L. F. Irrigação do feijoeiro. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2001.

SILVEIRA, P. M. et al. Efeitos do preparo do solo, plantio direto e de rotações de culturas sobre o rendimento e a economicidade do feijoeiro irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, p. 257-263, 2001.

Stanghellini M. E.; Hancock J. G. Radial extent of the bean spermosphere and its relation to the behavior of *Pythium ultimum*. **Phytopathologym**, v. 61, p. 165-168, 1971.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. Efeitos do sistema de preparo na compactação do solo, disponibilidade hídrica e comportamento do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, p. 83-91, 1999.

STONE, L. F. et al. Evapotranspiração do feijoeiro irrigado em plantio direto sobre diferentes palhadas de culturas de cobertura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, p. 577-582, 2006.

STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A. Resposta do feijoeiro ao nitrogênio em cobertura, sob diferentes lâminas de irrigação e preparos do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, p. 473-481, 2001.

STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A. Efeito de sistemas de preparo do solo no uso da água e na produtividade do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, p. 835-841, 2000.

Teo, B. K; Morrall, R. A. A. Influence of matric potentials on carpogenic germination of sclerotia of *Sclerotinia sclerotiorum*. II. A comparison of results obtained with different techniques. **Canadian Journal of Plant Pathology**, v. 7, p. 365-369, 1985.

Van Bruggen, A. H. C.; Whalen, A. H.; Arneson, P. A. Emergence, growth, and development of dry bean seedlings in response to temperature, soil moisture, and *Rhizoctonia solani*. **Phytopathology**, v. 76, p. 568-572, 1986.

VIEIRA, R. F. et al. Fungicidas aplicados via água de irrigação no controle do mofo-branco no feijoeiro e incidência do patógeno na semente. **Fitopatologia Brasileira**, v. 26, p. 770-773, 2001.

VIEIRA, R. F.; PINTO, C. M. F.; PAULA JÚNIOR, T. J. Chemigation with benomyl and fluazinam and their Fungicidal effects in soil for white mold control on dry beans. **Fitopatologia Brasileira**, v. 28, p. 245-250, 2003.

VIEIRA JUNIOR, P. A. et al. Efeitos de métodos de irrigação sobre a produção e a qualidade de sementes de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 20, p. 100-105, 1998.

WANDER, A. E. Produção e consumo de feijão no Brasil, 1975-2005. **Informações Econômicas**, v. 37, n. 2, p. 7-21, 2007.

Qualidade e Proteção de Sementes

Murillo Lobo Junior

Aloísio Sartorato

Tarcísio Cobucci

A cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é cultivada no Brasil em três safras anuais, com produtividades médias em torno de 1.000, 1.400 e 2.700 kg/ha, respectivamente, para as safras “das águas” (outubro-janeiro), “das secas” (fevereiro-maio) e “de inverno” (junho-setembro). Em cada estado e no Distrito Federal os sistemas produtivos são conduzidos de acordo com as condições edafoclimáticas, com as variáveis bióticas presentes e com as tecnologias disponíveis. Entretanto, a produtividade da cultura permanece muito abaixo do seu potencial produtivo, o qual é estimado em 6.000 kg/ha.

Em qualquer época ou local há facilidades e dificuldades para o cultivo do feijão. O uso de grãos próprios na semeadura, em 90% das lavouras, é uma das principais limitações em qualquer ocasião, e tem como principais consequências as falhas na germinação; a demora na emergência e a maior exposição a patógenos; o subdesenvolvimento de raízes e da área foliar; um estande não uniforme; a presença de plantas infectadas desde o início da lavoura, que infestam o solo ou disseminam doenças foliares a várias outras plantas em uma mesma safra; e o aumento de custos e perdas na produção. Esses são danos que se perpetuam devido à tradição do produtor rural em utilizar os

grãos colhidos na própria lavoura como material de semeadura, frequentemente de baixa qualidade fisiológica e sanitária, e pela falta habitual de sementes no mercado. O uso de sementes de feijão com alta qualidade dificilmente alcança 20% da área cultivada e, em média, vem decrescendo (Figura 1).

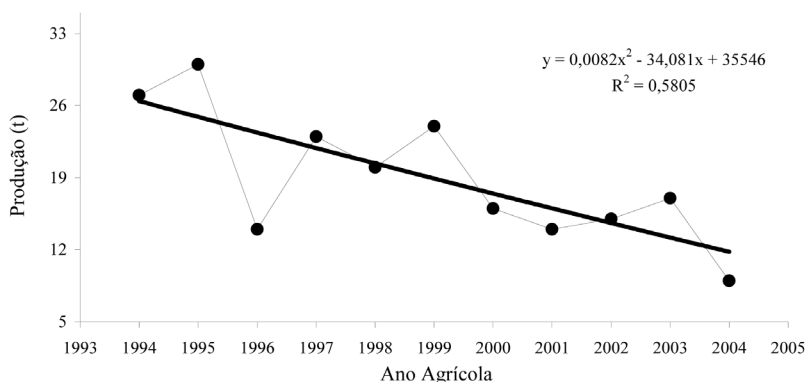


FIGURA 1 – Produção de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris*) no Brasil, de 1993 a 2004, conforme a Abrasem.

Fonte: MAGALHÃES et al. (2005).

Uma análise mais detalhada permite verificar que o volume de produção e a taxa de adoção de sementes variam bastante conforme o estado, podendo ser observada uma queda dessas duas variáveis nos principais estados produtores entre 2003 e 2004 (Tabela 1). À exceção do Paraná, a queda no uso de sementes de qualidade está relacionada à redução da área cultivada com o feijão em vários estados. A menor produção de sementes também contrasta com diversos avanços tecnológicos que vêm sendo incorporados às lavouras, como cultivares melhoradas, novos insumos e sistemas de produção aperfeiçoados, gerando uma contradição de difícil aceitação para a agricultura atual. A falta de sementes de boa qualidade é, portanto, um dos maiores entraves à cultura do feijão, já alertado há décadas, mas ainda sem solução.

De modo geral, plantas originadas de grãos não resultam em produtividades conforme o potencial genético da cultivar, e a compensação parcial dessa deficiência tem sido feita com o uso de insumos como adubos, enraizadores e fungicidas, sempre com o aumento final nos custos de produção. Diz-se então, de forma errônea, que na aplicação destes insumos via foliar se está “alimentando o feijão pela boca” quando, na verdade, deveria haver um sistema radicular vigoroso fornecendo os nutrientes e a água necessários à planta.

Os riscos de baixo rendimento da cultura do feijão por doenças, em sua maioria transmitidas por sementes, além de por outros fatores, têm pressionado os produtores e técnicos a aumentar o uso de sementes de boa qualidade como tecnologia para o controle preventivo de doenças, redução de custos e prática necessária para a obtenção de altas produtividades. Os riscos de epidemias estão relacionados, em parte, com a escassez no mercado de sementes de boa qualidade, especialmente em locais onde há concentração de cultivos em área e/ou mais de uma safra anual, como as destacadas na Figura 2. Os riscos de ocorrência de doenças em larga escala aumentam na medida em que o cultivo intensivo do feijão é feito com grãos infectados e as condições ambientais se tornam favoráveis ao desenvolvimento de vários patógenos.

Em áreas que são referência regional ou nacional pelo emprego de alta tecnologia na agricultura, como o entorno do Distrito Federal e os Campos Gerais no Paraná, a produtividade média da cultura varia de 2.800 a 5.000 kg/ha. Porém, os custos de produção, em média de R\$2.250,00, podem superar os R\$3.000,00 devido aos pacotes tecnológicos que incluem várias aplicações de fungicidas. Nos casos mais drásticos, pode ocorrer o abandono de áreas, com o cultivo de outras culturas de menor interesse.

TABELA 1 – Produção de sementes, área semeada, demanda potencial e efetiva e taxa de utilização de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris*) no Brasil – safras 2002/03 e 2003/04.

Estado ¹	Produção de sementes (t)			Área semeada (x 1000 ha)			Demanda de sementes (t)				Taxa de utilização de sementes (%)			
	2002/2003	2003/2004	%	2003/2004	2004/2005	%	2004	2005	%	2004	2005	%	2004	2005
GO	9234	2607	72	118	113	-4	6780	7020	4	1544	1559	1	22	23
PR	1303	996	24	509	424	-7	25440	25460	0	1273	2544	100	5	10
RS	880	347	61	109	114	5	6834	6536	-4	1699	205	-88	26	3
SP	1756	1490	15	184	156	15	9384	11058	18	1106	938	-15	10	10
SC	684	880	29	140	110	22	6612	8426	27	7668	1322	-83	91	20
MS	200	0	-	22	19	13	1146	1322	15	396	287	-28	30	25
MG	2820	2960	5	451	429	-5	25176	27088	8	3251	3086	-5	12	12
BA	305	175	43	-	604	-	36258	-	-	-	3626	-	-	10
Total	17191	9455	45	1534	1970	28	117630	86909	-26	16937	13567	-20	-	-

Fonte: ABRASEM (2005). Elaborada por SOARES et al. (2005).¹ GO/Agrosen; PR/Apasem; RS/Agrosen; SP/Apps; SC/Aprosc; MS/Aprosc; MG/Apsem; BA/ Fund. Bahia.

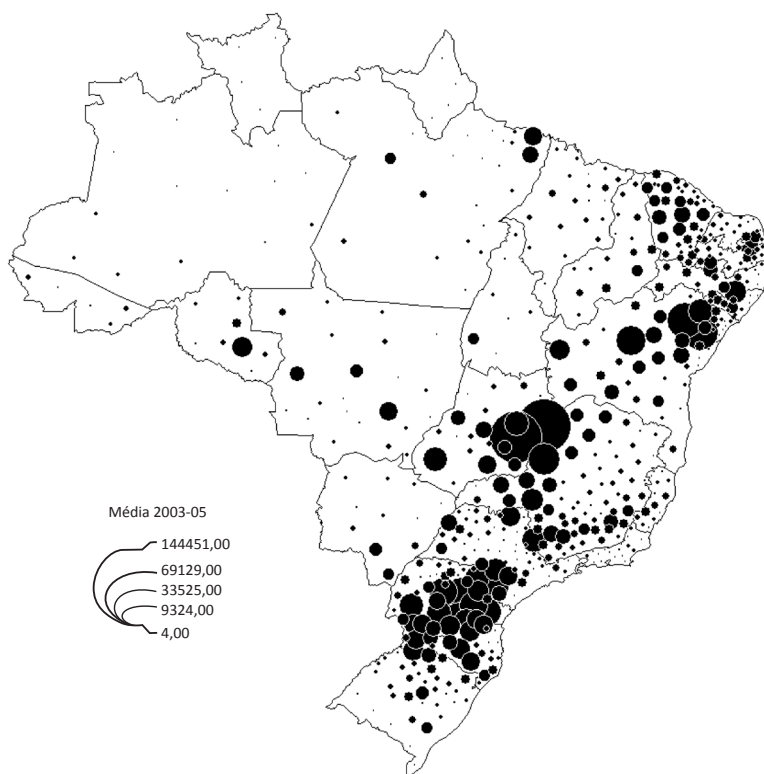


FIGURA 2 – Produção proporcional de feijão (*Phaseolus vulgaris*) nas microrregiões brasileiras no triênio 2003-2005.

Fonte: Elaborada por WANDER (2007).

Quase todas as doenças da cultura do feijão podem ser disseminadas por sementes. Entre elas, estão a antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*), a mancha-angular (*Phaeoisariopsis griseola*), a sarna (*Colletotrichum dematium* f. sp. *truncata*), a mancha de *Alternaria* (*Alternaria* spp.), o crestamento bacteriano (*Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*), o mofo-branco (*Sclerotinia sclerotiorum*), a murcha-de-fusarium (*Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*), as podridões-radiculares (*Fusarium solani* f. sp. *phaseoli* e *Rhizoctonia solani*), a mela (*Thanatephorus cucumeris*) e a podridão-cinzenta-da-haste (*Macrophomina phaseolina*). Todas essas figuram entre as doenças mais importantes da cultura e estão presentes no Brasil há várias décadas, causando perdas variáveis. Mais

recentemente, a murcha-de-curtobacterium causada por *Curtobacterium flaccumfasciens* pv. *flaccumfasciens* foi observada no estado de São Paulo provavelmente por sementes infectadas trazidas do exterior. Por meio de sementes infectadas, a bactéria já foi introduzida em vários dos principais estados produtores de feijão do país, como Goiás, Minas Gerais, Paraná e Santa Catarina. A distribuição e importância de doenças nas diferentes regiões produtoras dependem das condições ambientais, mas, em geral, pelo menos duas ou mais doenças ocorrem em cada lavoura, exigindo medidas de controle.

A antracnose é uma das doenças mais importantes no que se refere à cultura do feijão, 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 feijão quando é feito o uso de 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. Por essas razões, o uso de sementes de boas qualidades fitossanitárias e protegidas é sempre recomendado nos programas de manejo integrado de doenças ou de boas práticas para a condução de lavouras.

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 a provável alta dependência de controle químico.

co e o risco de se ter uma lavoura potencialmente já comprometida desde o seu início, que provavelmente irá gerar novas sementes infectadas.

O controle químico da antracnose, através do tratamento das sementes, somente será efetivo se destruir o inóculo alojado internamente na mesma. Esse tipo de controle pode ser obtido 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 2 são um exemplo das taxas de controle alcançadas pelo tratamento de sementes, que podem variar conforme a cultivar, a localização do patógeno na semente e o isolado que a está infectando.

No caso de patógenos que possuem variabilidade, como *C. lindemuthianum*, é comum encontrar vários patótipos em uma mesma região ou estado. Essa variabilidade pode ter sido introduzida nessas áreas pelas sementes. O transporte a longas distâncias de novos 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.

TABELA 2 – 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 (*Phaseolus vulgaris*), cultivar Carioca.

(continua)

Produto/formulação/dose de i.a. (*) (g / 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

(conclusão)

Produto/formulação/dose de i.a.(*) (g / 100 kg sementes)	Número de plantas com antracnose	Germinação (%)
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

Notas: (*) i.a.= ingrediente ativo. | (**) C.V. = coeficiente de variação

A utilização de cultivares que apresentam 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 de boa qualidade fitossanitária. 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 deste estado.

Cultivar anualmente o feijão 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 sadias. A obtenção de sementes de boa qualidade fitossanitária, por sua vez,

começa na sua produção, em condições que são completamente diferentes das utilizadas para a produção de grãos. Essas diferenças podem ser melhor compreendidas por meio da análise apresentada na Tabela 3.

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. 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 ou ter seu número diminuído quando é feita a semeadura de sementes certificadas e de boa qualidade fitossanitária. Já no caso do emprego, na semeadura, de grãos próprios infectados com *C. lindemuthianum*, várias pulverizações podem ser necessárias para o controle da antracnose, como condicionante à obtenção de maiores produtividades, demonstrando que o uso de sementes certificadas e de boa qualidade permite a diminuição do número de pulverizações necessárias para o controle da doença. Mesmo que a aquisição de sementes de melhor qualidade represente um custo maior, a economia na aplicação de fungicida compensa o investimento feito (Tabela 4).

Parte da disseminação generalizada de patógenos pode ser creditada à falta de sementes de qualidade no mercado e na avaliação de lotes de sementes (ou de grãos comercializados como sementes) apenas pela sua aparência, o que de forma alguma garante a ausência de fungos e bactérias fitopatogênicos no tegumento ou seu interior. É importante que o usuário de sementes tenha, no momento da compra, acesso a informações sobre o perfil sanitário, a germinação e o vigor do lote que possam endossar a escolha do seu material de semeadura. Esse perfil é definido após análise com metodologias oficiais para a detecção dos patógenos

transmissíveis pelas sementes ou complementares, como o meio semis-seletivo “Neon” para a detecção de *S. sclerotiorum*.

TABELA 3 – Diferenças entre a produção de sementes e de grãos, relacionadas à sua qualidade sanitária.

Produção de sementes	Cultivos comerciais para produção de grãos
Não utiliza solo infestado por patógenos que habitam o solo e que possam ser transmitidos pelas sementes.	A escolha da área e a rotação de cultura dependem de critérios sanitários e econômicos.
Densidade de semeadura de 150.000 a 200.000 plantas/ha e maior distância entre linhas na semeadura para permitir uma aeração adequada das plantas, o trânsito de máquinas para tratamentos fitossanitários e o trabalho dos inspetores de campo.	Densidade de semeadura de 250.000 a 300.000 plantas/ha. Com menor distância entre linhas durante a semeadura resultando na cobertura total das entrelinhas pelas plantas adultas.
Rigorous controle fitossanitário, preventivo, principalmente das doenças transmitidas pelas sementes.	Realização de controle fitossanitário em função do aparecimento da doença e do retorno econômico.
As sementes precisam ter germinação mínima garantida; número limitado de sacas/lote; serem beneficiadas; e, em laboratório, ter suas qualidades física, fisiológica e sanitária verificada.	Os grãos não têm germinação conhecida; não é especificado número limite de sacas por lote; não se conhece sua sanidade.
Na produção de sementes, deve-se obedecer à legislação específica, devendo os campos, serem inspecionados por responsáveis técnicos e fiscalizados por inspetores de campo.	Não há legislação específica para a produção de grãos.
A semente tem prazo de validade e seu valor para plantio termina quando a sua capacidade germinativa é reduzida abaixo de 80%.	Os grãos são classificados de acordo com o valor nutricional e de mercado.

Fonte: Adaptado de COSTA; PEREIRA (2000)

TABELA 4 – Produtividade e rentabilidade da cultura do feijão, cultivar Pérola, em função da origem da semente e controle químico da antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*).

				70 DAE		87 DAE			
Tratamentos	Época de pulverização	Dosagens i.a. g/ha	70 DAE		Severidade Doença*1	% Folhas afetadas	Severidade Doença¹	Produtividade (kg/ha)	Ganho (R\$)/ha ⁵
			% Folhas afetadas						
Grãos próprios infectados									
Piraclostrobin	R5	75	40	1,48		63	2,12	1851 abA	433,87
Piraclostrobin	V4, R5 e R7	75	30	1,42		33	1,62	2221 aA	687,20
Clorotalonil	R5	1250	51	1,65		82	2,55	1391 bB	-62,82
Clorotalonil	V4, R5 e R7	1250	36	1,42		53	2,22	2161 aA	519,93
Trifenil hidróxido de estanho	R5	200	45	1,47		67	2,02	1816 abA	405,80
Trifenil hidróxido de estanho	V4, R5 e R7	200	20	1,26		52	1,85	2203 aA	690,33
Testemunha	-	-	63	2,11		83	2,32	1323 bB	-36,05
Sementes certificadas sadias									
Piraclostrobin	R5	75	32	1,34		33	1,64	2238 aA	712,90
Piraclostrobin	V4, R5 e R7	75	12	0,87		21	1,01	2266 aA	624,62
Clorotalonil	R5	1250	40	1,35		45	1,43	2176 aA	614,78
Clorotalonil	V4, R5 e R7	1250	30	1,21		35	1,21	2221 aA	471,37
Trifenil hidróxido de estanho	R5	200	25	1,29		32	1,67	2263 aA	744,05
Trifenil hidróxido de estanho	V4, R5 e R7	200	10	0,96		28	1,37	2233 aA	612,93
Testemunha	-	-	42	1,61		45	1,68	2176 aA	708,65
C.V. (%)		-						8,76	

Fonte: Santo Antônio de Goiás, GO (2006).

Notas: 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%. (*) Escala 1-9 (RAVA et al., 1993).

É importante então que se aumente o nível de exigência por qualidade no momento de aquisição e venda de lotes, inclusive como incentivo ou pré-requisito para a venda de sementes. A adoção dessa medida em maior escala pode esbarrar nas diferenças entre os padrões de sanidade de sementes para campos e testes de laboratório, ainda regulados por legislação estadual, com variações que podem ser observadas na Tabela 5. A atualização desses padrões com base nos danos decorrentes do uso de sementes infectadas e em análises de risco para patógenos de importância em nível nacional foi iniciada em 1999, com a publicação da portaria 71 do MAPA, que prevê o estabelecimento de tolerância zero para os patógenos *C. lindemuthianum*, *F. oxysporum* f. sp. *phaseoli*, *S. sclerotiorum* e *X. axonopodis* pv. *phaseoli*.

É também necessário que as metodologias de laboratório acompanhem os avanços mais recentes para detecção de patógenos. Sabe-se que, eventualmente, alguns patógenos podem escapar aos métodos tradicionais de detecção e causar prejuízos mesmo quando não encontrados na amostra de 400 sementes utilizada nos testes oficiais. Alguns isolados de *S. sclerotiorum* podem se desenvolver acima das temperaturas utilizadas nos testes para sua detecção.

TABELA 5 – Padrões estaduais de tolerância de patógenos transmissíveis por sementes do feijão (*Phaseolus vulgaris*), vigentes em 2006.

UF	Classe	Germinação (% mínima)	<i>Colletotrichum lindemuthianum</i>	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>phaseoli</i>
GO	Básica	70	-	-	-
	Certificada	80	-	-	-
PR	Básica	60	0	-	-
	Certificada	80	0	-	-
SP	Básica	70	0	0	-
	Certificada	80	0	0	-
MG	Básica	80	0	0	0
	Certificada	80	0	0	0

A detecção de *X. axonopodis* pv. *phaseoli* é outro exemplo claro de dificuldade para detecção de patógenos em sementes, pois podem ocorrer epidemias de 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. Abaixo dessa densidade, é possível que a bactéria passe por todo o ciclo da cultura do feijão 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 superar 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.

Há diversas opções para controle de doenças originadas por sementes, uma vez constatada sua ocorrência na lavoura. Cada uma dessas tem a sua relação custo/benefício, com um número maior de opções acessíveis quando há alta de preços do feijão. Quando a saca de feijão atinge preços altos, o produtor pode tomar a liberdade de corrigir parte das deficiências da lavoura com o uso mais intenso de insumos, pois mesmo a um custo mais elevado ainda pode haver retorno econômico com a lavoura.

As opções de controle de doenças tornam-se reduzidas quando há queda de preços e, consequentemente, observa-se de forma muito pior os efeitos negativos do uso de sementes de baixa qualidade para semeadura. Conforme apresentado na Tabela 3, e a seguir na Tabela 6, investir em sementes de boa qualidade funciona como um seguro para a lavoura, aumentando muito as chances de produtividades mais altas e um maior retorno econômico. Nas informações apresentadas abaixo (Tabela 6) podemos observar as diferenças na produção, causadas por podridões radiculares (*F. solani* e *R. solani*), de duas cultivares de feijão quando são utilizados na semeadura grão ou sementes com e sem tratamento químico. Para efeito de cálculo, consideramos o valor de R\$60,00/saca para a

cultivar Pérola (grãos tipo “carioca”) e R\$75,00 para a cultivar Valente, de grãos tipo “pretos”. Através de estudos realizados anteriormente, foi possível demonstrar as vantagens do uso de sementes de qualidade e o número de gerações que um genótipo pode ser multiplicado até perder suas características ideais de sanidade, germinação e vigor. Quando foram utilizadas sementes básicas ou certificadas, observamos um aumento de 20% na produtividade em comparação com a semeadura de grãos. Neste experimento, todos os tratamentos foram tratados com fungicidas antes da semeadura. Por outro lado, quando se suprimiu o tratamento fungicidas das sementes, houve redução do número de vagens por planta em 40% (Tabela 7).

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 lhes restaura o vigor, mas no caso de materiais mais suscetíveis e com vigor incerto, faz certamente a diferença na condução de uma lavoura.

TABELA 6 – Produção e rendimento econômico da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris*) cultivares Pérola e Valente, em cultivo irrigado por pivô central, de acordo com a origem e o tratamento de sementes (TS).

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

Fonte: Unaí, MG (2004)

Nota: 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%.

TABELA 7 – Número de vagens por planta de feijão (*Phaseolus vulgaris*), cultivar Pérola de acordo com a origem e tratamento químico de sementes com fludioxonil (100 mL/100 kg sementes).

Classe de semente	Vagens por planta
Básica com tratamento de sementes	17,6
Básica sem tratamento	14,9
Certificada com tratamento de sementes	14,6
Certificada sem tratamento	14,3
Grãos próprios com tratamento	13,9
Grãos próprios sem tratamento	10,9

Fonte: Unaí – MG (2003)

Vale notar que a oscilação de preços, de ocorrência muito comum com o feijão, é também um dos fatores que desestimulam a produção e o uso de sementes e, conseqüentemente, gera o conformismo atual no uso de grãos próprios. Minimizar o desabastecimento de sementes é função de instituições públicas e privadas que, por meio de parcerias e planejamento regional, podem fornecer sementes em volume e qualidade que correspondam às expectativas de produtores e técnicos envolvidos na produção da cultura do feijão. Mesmo com a multiplicação por um número pequeno de gerações antes de serem novamente adquiridas, os interessados em melhorar e manter a qualidade dos grãos obtidos localmente têm à disposição uma série de recomendações técnicas, que incluem várias medidas de controle preventivo de doenças, essenciais para iniciar esse processo com sementes de boa qualidade fitossanitária.

A adequação de áreas para a produção de sementes deve considerar condições ambientais favoráveis à cultura e adversas ao desenvolvimento das doenças. A constante presença de doenças foliares em cultivos dessa leguminosa na estação chuvosa praticamente impede a produção de sementes de boa qualidade fitossanitária sob essas condições. Como as chances de ocorrência de doenças nessas condições são grandes para pelo menos um patossistema de importância em praticamente todas as

regiões produtoras de feijão, as sementes devem ser tratadas com fungicidas independentemente da sua origem.

Essa restrição fez com que a produção de sementes de feijão migrasse para as semeaduras da estação “das secas” (maio-setembro), onde os cultivos foram viabilizados na década de 1980 com o uso da aspersão por pivô central, em regiões de cerrado. De maio a setembro, o período sem chuvas pode durar 90 dias ou mais. A baixa umidade relativa restringe o período de molhamento foliar, criando dificuldades para o desenvolvimento das principais doenças da parte aérea desta cultura, facilitando a obtenção de sementes praticamente livres de patógenos como de *C. lindemuthianum* e *X. axonopodis* pv. *phaseoli* e trazendo segurança para a produção de sementes, como a ausência de veranicos e de chuvas na colheita. Dentre as práticas culturais recomendadas para controle da antracnose, o emprego de sementes de boa qualidade sanitária é a que apresenta melhor resultado.

Por outro lado, esse esquema desfavorável às doenças foliares tem suas limitações. Sob temperaturas amenas e alta umidade do solo forma-se um microclima altamente favorável para outras doenças altamente destrutivas e transmitidas por sementes, como as podridões-radiculares, a murcha-de-fusarium e o mofo-branco, que também podem causar danos em nível econômico em outras épocas de semeadura.

As facilidades para ocorrência do mofo-branco em lavouras irrigadas e cultivadas durante o outono/inverno fez com que a partir de lavouras com ocorrência da doença fossem produzidas sementes infectadas por *S. sclerotiorum*, que transmitiram esse patógeno para inúmeras outras áreas (Fotos 37 e 38).

Portanto, há facilidades para a produção de sementes infectadas com diferentes patógenos na maioria das regiões produtoras. Para *S. sclerotiorum* e outros fungos transmitidos por sementes, a importância de sua sanidade é ainda maior porque, uma vez introduzidos em uma

área de semeadura, sua erradicação é praticamente impossível. Ao contrário, os patógenos foliares sobrevivem apenas em restos culturais ou em plantas voluntárias, de controle mais fácil.

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 fitossanitária das 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. Nesse caso, em um estande de 250.000 plantas/ha, poderia haver, já no início da lavoura, uma proporção de 1.250 focos de doença/ha. Sabendo-se que as plantas doentes podem disseminar o patógeno da parte aérea para as plantas vizinhas, e que este 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 foi de aproximadamente 100% das plantas doentes ao final do ciclo da cultura.

Há diversos fungicidas registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento para a cultura do feijão (Tabela 8). Vários autores têm demonstrado que a combinação entre produtos sistêmicos e de contato promovem os melhores resultados quanto à proteção de sementes e de plântulas. Os custos médios do tratamento de sementes são estimados em 0,5% do total do custo de produção. Ainda que o patógeno não seja sempre erradicado, a relação custo-benefício dessa prática é altamente compensatória.

O tratamento de sementes com fungicidas para controle de podridões-radiculares deve ser complementado com a adição de agentes de controle biológico de patógenos, como cepas do fungo *Trichoderma harzianum* competitivas e compatíveis com o fungicida sintético. Após o final do

período residual dos fungicidas, as raízes ficam expostas a patógenos causadores de podridões-radiculares, pois ainda não adquiriram a resistência de plantas adultas a esses patógenos. A população de *F. solani* na rizosfera aumenta proporcionalmente com o desenvolvimento do sistema radicular. É justamente na fase de desenvolvimento vegetativo que é necessária a proteção às raízes, que pode ser fornecida por isolados de *Trichoderma* spp. que tenham “rizocompetência”, isto é, habilidade de crescer ao redor das raízes, protegendo-as. Quando se proporciona ao antagonista o ambiente favorável e o volume de esporos adequado, o melhor controle de podridões-radiculares é correspondido por aumentos de produtividade da cultura (Figura 3).

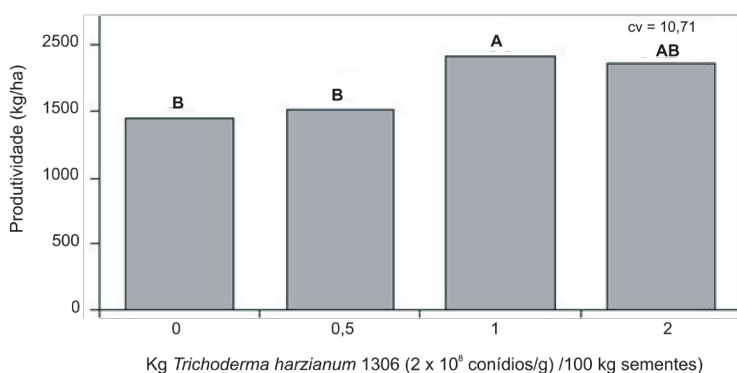


FIGURA 3 – Rendimento da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris*), cultivar Pérola, a partir de sementes tratadas com fludioxonil 100g/100 kg de sementes e formulação de pó-molhável de *Trichoderma harzianum* cepa 1306 com 2×10^8 conídios/g.

Fonte: Luziânia, GO (2006)

Dessa forma, pode-se obter um sinergismo entre o controle biológico e o controle químico, pois a proteção contra podridões-radiculares se estende por um período maior. Vários requisitos são necessários para se obter os benefícios da inclusão do controle biológico no tratamento de sementes: sugere-se um mínimo de 108 conídios viáveis de *Trichoderma* sp./grama da formulação; cepa competitiva contra os patógenos-alvo; compatibilidade com fungicidas sintéticos; solo úmido e temperaturas

próximas ou superiores a 20°C. Não há resultados positivos para o controle de patógenos da parte aérea com produtos biológicos.

Mais recentemente, a exploração de várzeas tropicais no estado do Tocantins tem trazido novos rumos à produção de sementes de qualidade. A atividade microbiana superior em quatro vezes à observada em solos de cerrado e a inundação das várzeas para cultivo do arroz dificulta o desenvolvimento de patógenos de solo. Além disso, a irrigação por subsuperfície (ou subirrigação) durante a semeadura na estação “das secas” dispensa a aspersão, inibindo o desenvolvimento de patógenos da parte aérea.

Mesmo com a semeadura de sementes infectadas neste ambiente pode-se colher sementes de boa qualidade fitossanitária (Tabela 8). 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.

Neste momento em que o agronegócio e a agricultura familiar ocupam espaço diário nas discussões sobre o desenvolvimento do país e a segurança alimentar, o uso de sementes de boa qualidade fitossanitária é parte expressiva da solução, mas não garante, sozinho, a obtenção de boas produtividades sob custos acessíveis. Naturalmente, o produtor sempre deverá ter em mente a escolha da cultivar adequada, a manutenção da qualidade do solo, e outras boas práticas na lavoura.

O uso de sementes de qualidade e 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 a cultura do feijão superior a 4 milhões de hectares e, em qualquer safra, para qualquer produtor, as vantagens da boa semente estão claras. Instalar a cultura com sementes de boa qualidade fitossanitária,

com alto vigor e tratadas com fungicidas e agentes de controle biológico é parte essencial da prevenção ou redução dos problemas na lavoura.

A mudança desta realidade é possível, mas será mais difícil com iniciativas isoladas. Consequentemente, a partir do momento em que os produtores, a assistência técnica pública e privada e os órgãos de pesquisa tiverem (e executarem) um planejamento local ou regional para produção e uso de sementes de qualidade (física, fisiológica e sanitária), ficará mais fácil contornar os problemas mais comuns causados pelo uso de grãos e obter melhores safras com maior segurança e sustentabilidade.

TABELA 8 – Fungicidas registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento para o tratamento de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris*), 2005.(*)

(continua)

Ingrediente ativo	Grupo Químico	Produto comercial	Classe toxic. (**)	Concentração de i.a.	Alvo		Dose do p.c. (***)
					Nome Científico	Nome Vulgar	
Captana	Dicarboximida	Captan 750 TS	III	750 g/kg	<i>Colletotrichum lindemuthianum</i>	Antracnose	200
					<i>Rhizoctonia solani</i>	Podridão-radicular de Rhizoctonia	200
		Orthocide 500	III	500 g/kg	<i>Colletotrichum lindemuthianum</i>	Antracnose	240
					<i>Rhizoctonia solani</i>	Podridão-radicular de Rhizoctonia	240
					<i>Sclerotium rolfsii</i>	Podridão-do-colo	240
		Orthocide 750	III	750 g/kg	<i>Colletotrichum lindemuthianum</i>	Antracnose	160
					<i>Rhizoctonia solani</i>	Podridão-radicular de Rhizoctonia	160
					<i>Sclerotium rolfsii</i>	Podridão do colo	160
Carben-dazim	Benzimidazol	Derosal 500 SC	III		<i>Fusarium pallidoroseum</i>	Podridão-de-fusarium	100
Carboxina	Carboxanilida	Vitavax 750 PM BR	II	750 g/kg	<i>Rhizoctonia solani</i>	Podridão-radicular de Rhizoctonia	150-250
Carboxina + Thiram	Carboxanilida + dimetilditiocarbamato	Anchor SC	III	66,7 + 66,7 g/L	<i>Alternaria</i> spp.	Mancha de alternaria	600-800
					<i>Aspergillus</i> spp.	Tombamento	600-800
					<i>Cladosporium</i> spp.	Fungo de pós-colheita	600-800

(continuação)

Ingrediente ativo	Grupo Químico	Produto comercial	Classe toxic. (**)	Concentração de i.a.	Alvo		Dose do p.c. (***)
					Nome Científico	Nome Vulgar	
					<i>Macrophomina phaseolina</i>	Podridão-cinzen- ta do caule	600-800
					<i>Penicillium</i> spp.	Fungo de arma- zenamento	600-800
					<i>Rhizoctonia solani</i>	Podridão- radicular de Rhizoctonia	600-800
		Vitavax- Thiram PM Uniroyal	III	375/375 g/kg	<i>Alternaria alternata</i>	Mancha de alternaria	200
					<i>Alternaria</i> spp.	Mancha de alternaria	200
					<i>Aspergillus</i> spp.	Tombamento	200
					<i>Cladosporium</i> spp.	Fungo de pós- colheita	200
					<i>Colletotrichum lindemuthianum</i>	Antracnose	200
					<i>Fusarium solani</i> f. sp. <i>Phaseoli</i>	Podridão-radicu- lar seca	200
					<i>Penicillium</i> spp.	Fungo de arma- zenamento	200
					<i>Rhizoctonia solani</i>	Podridão- radicular de Rhizoctonia	250
		Vitavax-Thi- ram 200	IV	200/200 g/L	<i>Alternaria</i> spp.	Mancha de alternaria	250-300
					<i>Aspergillus</i> spp.	Tombamento	250-300
					<i>Cladosporium</i> spp.	Fungo de pós- colheita	250-300
					<i>Colletotrichum lindemuthianum</i>	Antracnose	250-300
					<i>Fusarium solani</i> f. sp. <i>Phaseoli</i>	Podridão- radicu- lar seca	250-300
					<i>Macrophomina phaseolina</i>	Podridão-cinzen- ta do caule	250-300
					<i>Penicillium</i> spp.	Fungo de arma- zenamento	250-300
					<i>Rhizoctonia solani</i>	Podridão- radicular de Rhizoctonia	250-300
Difeno- conazol	Triazol	Spectro	III	150 g/L	<i>Colletotrichum lindemuthianum</i>	Antracnose	33,4
					<i>Fusarium solani</i> f. sp. <i>Phaseoli</i>	Podridão-radicu- lar seca	33,4

(continuação)

Ingrediente ativo	Grupo Químico	Produto comercial	Classe toxic. (**)	Concentração de i.a.	Alvo		Dose do p.c. (***)
					Nome Científico	Nome Vulgar	
					<i>Macrophomina phaseolina</i>	Podridão-cinzen- ta do caule	33,4
					<i>Rhizoctonia solani</i>	Podridão- radicular de Rhizoctonia	33,4
Fludio- xonil	Fenil- pirrol	Maxim	IV	25 g/L	<i>Colletotrichum lindemuthianum</i>	Antracnose	200
					<i>Fusarium solani</i> f. sp. <i>Phaseoli</i>	Podridão-radicu- lar seca	200
					<i>Macrophomina phaseolina</i>	Podridão cinzen- ta do caule	200
					<i>Rhizoctonia solani</i>	Podridão- radicular de Rhizoctonia	200
Quinto- zeno	Cloro- aromá- tico	Kobutol 750	III	750 g/kg	<i>Colletotrichum lindemuthianum</i>	Antracnose	350
					<i>Rhizoctonia solani</i>	Podridão- radicular de Rhizoctonia	350
					<i>Sclerotium rolfsii</i>	Podridão-do- colo	350
		Plantacol	III	750 g/kg	<i>Colletotrichum lindemuthianum</i>	Antracnose	300
					<i>Rhizoctonia solani</i>	Podridão- radi- cular	300
					<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	Mofo-branco	300
					<i>Sclerotium rolfsii</i>	Podridão-do-colo	300
		Terraclor 750 PM	III	750 g/kg	<i>Rhizoctonia solani</i>	Podridão- ra- dicular de Rhizoc- tonia	150-300
					<i>Sclerotium rolfsii</i>	Podridão-do- colo	200-300
Thiram	Dimetil- ditiocar- bamato	Mayran	III	700 g/kg	<i>Macrophomina phaseolina</i>	Podridão-cinzen- ta do caule	200-300
					<i>Rhizoctonia solani</i>	Podridão- radi- cular	200-300
		Rhodiau- ram 700	III	700 g/kg	<i>Colletotrichum lindemuthianum</i>	Antracnose	150
					<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>Phaseoli</i>	Murcha-de- fu- sarium	150

(conclusão)

Ingrediente ativo	Grupo Químico	Produto comercial	Classe toxic. (**)	Concentração de i.a.	Alvo		Dose do p.c. (***)
					Nome Científico	Nome Vulgar	
Tolilfluanida	Fenilsulfamida	Euparen M 500 PM	III	500 g/kg	<i>Alternaria</i> spp.	Mancha de alternaria	150
					<i>Colletotrichum lindemuthianum</i>	Antracnose	150
					<i>Penicillium</i> spp.	Fungo de armazenamento	150

Notas: (*) A omissão de princípios ativos ou de produtos comerciais não implica na impossibilidade de sua utilização, desde que autorizado pelo Ministério da Agricultura e do Abastecimento. (**) Classe Toxic.= Classe Toxicológica; (***) Gramas ou mililitros de produto comercial.

TABELA 8 – Efeito do local de produção, da sanidade, do tratamento de sementes e das pulverizações foliares com fungicidas na porcentagem de plântulas com sintomas de antracnose e de sementes contaminadas com *Colletotrichum lindemuthianum*.

Tratamentos	Plantas com sintomas de antracnose (%)		Sementes contaminadas com <i>C. lindemuthianum</i>	
	Ambiente 1 (*)	Ambiente 2 (**)	Ambiente 1	Ambiente 2
Semente sadia				
Tratada mais pulverização foliar	0,00	0,00	0,42	0,00
Tratada sem pulverização foliar	0,00	0,00	0,80	0,00
Não tratada mais pulverização foliar	0,00	0,00	0,67	0,00
Não tratada sem pulverização foliar	0,00	0,00	0,56	0,00
Semente contaminada				
Tratada mais pulverização foliar	1,35	0,00	1,95	0,00
Tratada sem pulverização foliar	0,72	0,00	2,08	0,00
Não tratada mais pulverização foliar	1,07	0,00	0,56	0,00
Não tratada sem pulverização foliar	3,08	0,00	0,63	0,00

Notas: (*) Ambiente 1 – Santo Antônio de Goiás (GO), com irrigação por aspersão. | (**) Ambiente 2 – Lagoa da Confusão (GO), com subirrigação.

REFERÊNCIAS

- ABRASEM. **Anuário 2004**. Brasília: Abrasem, 2005.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA, 1992.
- CONAB. **Indicadores da agropecuária**. Disponível em: < <http://www.conab.gov.br/>>. Acesso em: 3 ago. 2005.
- COSTA, J. L. S. **Compatibilidade de fungicidas e inseticidas no tratamento de sementes de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) associadas ou não a polímeros**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2001. (Série Documentos, 125).
- _____.; SILVA, M. B. Tratamento de sementes. In: CANTERI, M. G.; DALLA PRIA, M.; SILVA, O. C. **Principais doenças fúngicas do feijoeiro**: orientações para manejo econômico e ecológico. Ponta Grossa: UEPG, 1999.
- _____.; SILVA, M. B. Tratamento de sementes. In: CANTERI, M. G.; DALLA PRIA, M. D.; SILVA, O. C. **Principais doenças fúngicas do feijoeiro**: orientações para manejo econômico e ecológico. Ponta Grossa: UEPG, 1999.
- EMBRAPA. CNPAF. **Relatório científico do CNPAF, 1984**. Goiânia: EMBRAPA, 1985.
- EPAGRI. **Recomendações técnicas para a cultura do feijão em Santa Catarina**. Florianópolis: EPAGRI, 1997. (Sistemas de Produção, 29).
- FARIA, R. F.; VIEIRA, C.; RAMOS, J. A. O. **Produção de sementes de feijão**. Viçosa: EPAMIG, 1993.
- IBGE. Levantamento sistemático da produção agrícola. Disponível em: < <http://www.sidra.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 3 ago. 2006.
- ITO, M. F. et al. Importância do uso de sementes sadias de feijão e ou tratadas quimicamente. In: INSTITUTO AGRÔNOMICO, DIA DE CAMPO DE FEIJÃO, 19, 2003, Capão Bonito, SP. **Anais...** Capão Bonito, 2003. p. 37-49.
- ITO, M. F. et al. Detecção de *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli* e fungos em sementes de feijão produzidas no estado de São Paulo. **Summa Phytopathologica**, v. 23, p. 118-121, 1997.

LOBO JUNIOR, M. Efeito da qualidade e tratamento de sementes na severidade de podridões radiculares em feijoeiro. In: Cobucci, T.; Wruck, F. J. **Resultados obtidos na área polo de feijão no período de 2002 a 2004**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005.

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.

MACHADO, J. C. Tratamento de sementes no controle de doenças. Lavras: UFLA, 2000.

MARINGONI, A. C.; ROSA, E. F. Ocorrência de *Curtobacterium flaccumfasciens* pv. *flaccumfasciens* em feijoeiro no estado de São Paulo. **Summa Phytopathologica**, v. 23, p. 160-162, 1997.

MEIRELES, E. J. L.; VIEIRA, E. H. N.; SILVA, S. C. Clima e produção de sementes. In: VIEIRA, E. H. N.; RAVA, C. A. (Eds.). **Sementes de Feijão: produção e tecnologia**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2000.

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.

MIRANDA, B. A. **Manejo de podridões radiculares do feijoeiro comum utilizando compostos orgânicos e resistência genética**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2006.

NASSER, L. C. B.; BOLAND, G. J.; SUTTON, J. C. Meio de cultura semisseletivo para detecção da viabilidade dos escleródios de *Sclerotinia sclerotiorum*. **Fitopatologia Brasileira**, v. 20, 1995. Suplemento.

Ntahimpera, N. et al. Influence of tillage practices on anthracnose development and distribution in dry bean fields. **Plant Disease**, v. 81, p. 71-76, 1997.

PACHECO, A. C. et al. Qualidade de semente de feijão utilizada pelos pequenos produtores do oeste catarinense. In: REUNIÃO TÉCNICA CATARINENSE DE MILHO E FEIJÃO, 3., 2001, Chapecó, SC. **Anais...** Chapecó: EPAGRI-CPPP, 2001. p. 93-98.

PEREIRA, J. M. et al. 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, 2002. p. 153-155.

RAVA, C. A.; COSTA, J. G. C. Produção de semente sadia. In: AIDAR, H.; KLUTHCOUSKY, J.; STONE, L. F. (Eds.). **Feijão: produção em várzeas tropicais**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002.

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-APA, 1996. p. 210-212.

SHEPPARD, J. W. Detection of seed-borne bacterial blights of bean. **Seed Science and Technology**, v. 11, p. 561-567, 1983.

SOARES, D. M.; et al. Produção de sementes de feijão em várzea tropical: opção economicamente viável. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 8.; 2005, Santo Antônio de Goiás. **Anais...** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. p. 896-900.

SOMAVILLA, L. L.; PRESTES, A. M. Identificação de patótipos de *Colletotrichum lindemuthianum* de algumas regiões produtoras de feijão do Rio Grande do Sul. In: REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DE FEIJÃO, 31.; REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DE PESQUISA DE FEIJÃO, 3., 1998, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: FEPAGRO, 1998. p. 80-82.

TAVARES, F.; COSTA, J. L. S. Influência da temperatura no crescimento micelial de *Sclerotinia sclerotiorum*. **Fitopatologia Brasileira**, v. 24. p. 336, 1999.

VECHIATO, M. H.; et al. Efeito do tratamento de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris*) com fungicidas no controle de *Macrophomina phaseolina* na emergência de plântulas. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 67, p. 83-88, 2000.

VIEIRA, E. H. N.; RAVA, C. A. Características botânicas e fisiológicas da semente. In: VIEIRA, E. H. N.; RAVA, C. A. (Eds.). **Sementes de Feijão – Produção e Tecnologia**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2000.

WANDER, A. E. Produção e consumo de feijão no Brasil, 1975-2005. **Informações Econômicas**, v. 37, n. 2, p. 7-21, 2007.

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

YOKOYAMA, L. P.; CARNEIRO, G. E. S.; DEL VILLAR, P. M. **Aspectos conjunturais, produção e uso de sementes de feijão recomendadas pela Embrapa no estado do Paraná**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2001. (Série Documentos, 124).

Resistência Varietal

Jeferson Zagoni

O uso de cultivares resistentes é uma das estratégias mais importantes no manejo integrado das doenças na cultura do feijão. No entanto, além de não poder ser utilizada como técnica isolada deve-se considerar que nem sempre as cultivares apresentam resistência múltipla, ou seja, a várias doenças, o que quase sempre ocorre a campo.

A escolha de uma cultivar, seja ela resistente ou não a doenças, vai depender de vários fatores que devem ser considerados no planejamento da cultura e que determinam o sucesso da lavoura. Entre esses fatores deve-se considerar: o mercado, que envolve a preferência do consumidor e facilidade de comercialização; a produtividade potencial da cultivar que deve atender a produção esperada, que também é função do clima e práticas de manejo; a época de semeadura, que para o feijão varia com a região de cultivo e também define a ocorrência de uma ou outra doença; a disponibilidade de sementes certificadas e livres de patógenos; as previsões de clima, que predispõe também à ocorrência e a intensidade de determinadas doenças; a irrigação ou não da lavoura; o plano de rotação de culturas; e o histórico da área em relação às doenças de solo, entre outros fatores.

Portanto, a escolha da cultivar envolve uma série de fatores importantes e inerentes a cada situação e local, que limitam o número de

cultivares a serem utilizadas. Assim, pelo baixo número de cultivares de feijão disponíveis no mercado, as opções de escolha daquelas resistentes a doenças são restritas, mas essas devem ser as preferidas quando há possibilidade.

A importância do uso de cultivares resistentes depende do manejo a ser adotado, podendo constituir-se no principal fator de controle quando do cultivo em solos contaminados com patógenos, possuindo, no entanto, menor importância quando é previsto o uso de fungicidas para o controle de doenças.

Outro fator importante e determinante do sucesso do controle das doenças é o manejo cultural, que consiste principalmente na adubação adequada, controle das plantas daninhas, cultivar adaptada à região de cultivo, população de plantas e semeadura na época recomendada, profundidade de semeadura, entre outros fatores. Isso, desde que o clima seja adequado, garante a produtividade da cultura e minimiza os efeitos das doenças, fazendo com que o uso de fungicidas interfira com menor intensidade nos custos de produção e seja utilizado apenas quando as outras estratégias não tenham atingido nível satisfatório de controle, podendo comprometer a produtividade da cultura e o lucro do produtor.

Nas Tabelas 1 e 2 estão as cultivares mais importantes utilizadas com a respectiva reação às doenças. A suscetibilidade ou resistência dessas cultivares às doenças mostradas nessas Tabelas são em sua maioria fornecidas pelas empresas produtoras das sementes e algumas por avaliações de campo em várias regiões, mas não indicam o nível da resistência. Ressaltamos ainda que a duração da resistência genética de uma cultivar é função da virulência do patógeno e do manejo da cultura, o que não garante a manutenção da resistência ao longo dos anos. Em alguns casos, como o de ferrugem (*Uromyces appendiculatus*), por exemplo, o surgimento de novas raças pode vir a “quebrar” a resistência de uma cultivar. Assim, algumas cultivares mostradas nas Tabelas 1 e 2 podem não apresentar resistência a alguma doença em determinada região.

Com relação às podridões-radicales, causadas por *Fusarium solani* e *Rhizoctonia solani* e murcha-de-fusarium, causada por *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*, trabalhos realizados em Ponta Grossa, PR, avaliaram a suscetibilidade de várias cultivares a esses patógenos de solo. Foi observado (Tabela 3) que as cultivares mostraram reações diferentes a esses patógenos, permitindo classificá-los quanto à sua suscetibilidade em relação ao risco de dano na produção.

TABELA 1 – Suscetibilidade de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris*) do grupo Carioca às principais doenças que ocorrem na cultura.

Cultivar	Antracnose	Ferrugem	Mancha-angular	Crescimento-bacteriano	Murcha-de-fusarium	Mosaico dourado	Mosaico comum	Oídio
Aporé	R	R	R	I	MR	S	R	-
BRS Horizonte	AR	I	S	S	-	S	R	-
BRSMG Talismã	AR	-	I	-	-	-	R	-
Carioca	S	S	S	S	S	S	R	-
FT Bonito	S	S	S	MR	S	-	-	-
FT Magnífico	S	S	S	MR	S	-	-	-
IAC Carioca	R	MR	S	S	S	S	R	-
Iapar 81	MR	MR	S	S	S	S	R	MR
IPR Colibri	S	S	S	S	-	S	R	S
IPR Juriti	S	R	S	I	-	-	R	R
IPR Saracura	S	R	I	I	-	-	R	R
Pérola	S	I	I	S	MR	S	R	-
Princesa	AR	R	S	-	R	S	R	-
Rudá	AR	R	S	MR	S	S	R	-

Fonte: EMBRAPA (2007), IAPAR (2007).

Notas: R = resistente; S = suscetível; T = tolerante; MR = moderadamente resistente; MS = moderadamente suscetível; I = intermediário; AR = resistente a algumas raças; - = sem informação.

TABELA 2 - Suscetibilidade de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris*) do grupo Preto às principais doenças que ocorrem na cultura.

Cultivar	Antracnose	Ferrugem	Mancha-angular	Crescimento-bacteriano	Murcha-de-fusarium	Mosaico dourado	Mosaico comum	Oídio
BR-IPA-10	R	R	-	-	R	S	R	-
BRS Campeiro	I	I	I	S	-	S	R	-
BRS Grafite	AR	R	I	-	S	S	R	-
BRS Supremo	AR	R	I	S	-	S	R	-
BRS Valente	AR	I	I	-	-	-	R	-
Diamante Negro	I	I	I	MR	S	S	R	-
FT Bionobre	S	S	S	S	S	-	-	-
Iapar 44	T	MS	S	MS	-	S	R	-
IPR Chopim	S	R	I	I	-	-	R	R
IPR Graúna	S	R	I	I	-	-	R	R
IPR88 Uirapuru	S	R	S	S	S	S	R	R
Macanudo	I	R	I	S	S	S	R	-
Minuano	MS	MS	-	MS	S	S	R	-
Onix	S	-	S	S	-	T	R	-

Fonte: EMBRAPA (2007), IAPAR (2007).

Notas: R = resistente; S = suscetível; T = tolerante; MR = moderadamente resistente; MS = moderadamente suscetível; I = intermediário; AR = resistente a algumas raças; - = sem informação.

TABELA 3 – Risco de dano causado por podridão-radicular (*Fusarium solani* e *Rhizoctonia solani*) e murcha-de-fusarium (*Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*) em cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris*).

(continua)

Cultivar	Grupo	Podridões radiculares	Murcha de fusarium	Risco de dano(*)
Carioca	carioca	A	A	A
BRS Supremo	carioca	A	A	A
IPR Siriri	carioca	A	M	A
BRS Pioneiro	carioca	A	M	A

(conclusão)

Cultivar	Grupo	Podridões radiculares	Murcha de fusarium	Risco de dano(*)
BRS Requite	carioca	M	A	A
BRS Horizonte	carioca	M	A	A
BRS Cometa	carioca	M	A	A
IAPAR 81	carioca	B	A	A
Rubi	carioca	M	M	M
FT 2001 B	carioca	M	M	M
IPR Gralha	carioca	M	M	M
BRS Pontal	carioca	A	B	M
IPR Chopim	preto	A	B	M
IPR Saracura	carioca	A	B	M
IPR Tiziu	carioca	M	B	M
IPR Graúna	carioca	M	B	M
IPR Juriti	carioca	B	B	B

Fonte: SILVA et al. (2007)

Notas: Risco de dano: A = alto; M = médio; B = baixo. | (*) Risco de dano médio considerando as podridões radiculares e murcha-de-fusarium.

REFERÊNCIAS

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Cultivares de feijão**. Disponível em: <<http://www.cnpaf.embrapa.br/feijao/>>. Acesso em: 10 out. 2007.

IAPAR – Fundação Instituto Agrônômico do Paraná. **Culturas anuais**: feijão. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/>>. Acesso em: 10 out. 2007.

MOLIN, M. Genótipos de feijoeiro comum para a safra 2001/02. **Informativo Fundação ABC**, Castro, v. 3, n. 14, p. 7-9, 2001.

SILVA, O. C. **Risco de dano causado por podridão-radicar (*Fusarium solani* e *Rhizoctonia solani*) e murcha-de-fusarium (*Fusarium oxysporum*) em cultivares de feijão**. Disponível em: <<http://www.fundacaoabc.org.br>>. Acesso em: 10 out. 2007.

Manejo de Braquiárias no Controle de Patógenos de Solo

Murillo Lobo Junior

Eliane Divina Toledo-Souza

Pedro Marques da Silveira

Cláudia Adriana Görgen

A adoção em larga escala da semeadura direta na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) gerou inúmeras mudanças no cultivo desta espécie, como o manejo da fertilidade do solo, o controle de plantas daninhas, a conservação de solo e água, além da própria forma de cultivo, onde o uso de arados e grades foi substituído pela semeadura sem revolvimento do solo. Todas essas alterações trouxeram vários benefícios à cultura do feijão e a outras culturas envolvidas nos sistemas de produção, divididos entre conservação ambiental, redução de custos e aumento de produtividade.

Na safra brasileira de 2005/2006 foram produzidos 122 milhões de toneladas de produtos agrícolas, valor bastante relacionado ao aumento na área cultivada em sistema de semeadura direta. Neste sistema são gerados 50% da produção de grãos no país, demonstrando o sucesso da prática, que a partir de 100 hectares em 1972 teve sua área expandida para 25,5 milhões de hectares em 2006.

A semeadura direta no Brasil foi popularizada inicialmente na região Sul, se expandindo posteriormente para as regiões Sudeste e Centro-

Oeste do país. A adoção da semeadura direta em cultivos de feijão tem aumentado de 8 a 10% ao ano, já ocupando pelo menos 80% das lavouras de feijão na região Sul e 100% dos cultivos irrigados durante a estação seca no Sudeste e Centro-Oeste. Não há levantamentos atualizados, mas estima-se que a cultura do feijão em semeadura direta ocupe pelo menos 1.000.000 de hectares no Brasil, concentrados majoritariamente no Centro-Sul do país. O aumento de produtividade tem impulsionado sua adoção nestes diferentes ambientes, como nos cerrados, onde já no primeiro ano de uso pode gerar um rendimento médio de 4,5 toneladas/hectares, enquanto a média nacional encontra-se em torno de 1,0 t/ha. Junto ao melhoramento, a semeadura direta foi uma das responsáveis pelo país manter seu volume de produção estável nos últimos 15 anos, apesar da queda na área cultivada com o feijão. São mudanças que permitiram a obtenção de 3,5 milhões de toneladas de feijão por ano, fazendo com que o país seja o maior produtor mundial dessa cultura.

Esse sistema pode ser enfocado como um complexo de tecnologias de processo, de produtos e de serviços, tendo por fundamentos a mobilização de solo exclusivamente na linha de semeadura, a manutenção dos resíduos culturais na superfície do solo e a rotação de culturas. Tornou-se um mecanismo de transformação, de reorganização e de sustentação do sistema de produção agropecuária.

A presença da cobertura de restos culturais na superfície do solo e o aumento de matéria orgânica e a adoção do sistema de semeadura direta provocaram alterações nos agroecossistemas nos componentes físico, químico e biológicos do solo. A manutenção da palhada na superfície do solo protege-o da erosão, servindo como elemento isolante, capaz de protegê-lo e mantê-lo úmido, mesmo em períodos de estiagem, permitindo assim períodos mais amplos para a semeadura.

A semeadura direta mal executada pode causar problemas fitossanitários ao cultivo do feijão 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 feijão, que podem ser atacados 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 (*Fusarium solani* f. sp. *phaseoli* e *Rhizoctonia solani*) e a murcha causada por *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*.

Após aumentos de rendimento nos primeiros anos do sistema de semeadura direta, tem-se observado a redução paulatina da produtividade da cultura do feijão no decorrer das safras devido, entre outros fatores, ao aumento da incidência e da severidade de podridões e murchas causadas pelos patógenos que habitam o solo. Para entender os efeitos da semeadura direta sobre as relações patógeno x hospedeiro x ambiente e, conseqüentemente, sobre o estabelecimento ou não de doenças, é também importante reconhecer a influência desse sistema sobre o microclima, sobre diversas variáveis como os componentes químicos, físicos e biológicos do solo, sobre os patógenos e seus hospedeiros e outras espécies vegetais vinculadas ao sistema de produção.

Alguns produtores rurais da região Sul do Brasil indicam a compactação do solo no sistema de semeadura direta como a principal causa de baixos rendimentos de culturas, devido à elevada resistência do solo, que inibe o desenvolvimento de raízes. Como consequência, muitos produtores utilizam grades ou arados, alternando o plantio convencional com a semeadura direta. A compactação do solo por si só é uma ameaça à continuidade do sistema semeadura direta. Outros fatores que aumentam a severidade de doenças causadas pelos patógenos habitantes do solo também são limitantes. 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. A compactação do solo favorece a ocorrência de podridões-radiculares e murchas por limitar o desenvolvimento de raízes à camada do solo onde se encontra a maior

densidade inóculo dos patógenos. Além disso, também promove o acúmulo de água na camada mais superficial, o que favorece ainda mais a ocorrência dessas doenças. O solo mais frio e mais úmido por períodos mais longos também é mais favorável às doenças em questão.

Considera-se que doenças causadas por patógenos de solo ocorrem em consequência da redução da atividade e da diversidade de microrganismos antagonistas. Por isso, várias doenças de expressão econômica têm sido favorecidas pela intensificação da semeadura direta em detrimento de práticas culturais como rotações de culturas mais longas, levando a danos nas plantas e perdas econômicas já a partir do segundo ano de adoção deste sistema.

De modo geral, restaurar a qualidade do solo envolve promover alterações que estimulem 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. Em um solo fungistático, os microrganismos aumentam a exsudação de nutrientes a partir de propágulos de fungos, o que leva 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.

Além de sobreviverem no solo em estruturas de resistência, as espécies de *Fusarium* e *R. solani* colonizam resíduos orgânicos e palhadas, o que os credencia como excelentes “estrategistas R” (neste caso, por invadir e colonizar rapidamente nichos ainda não ocupados por outros microrganismos). Por encontrar oxigênio, umidade, restos culturais ou outros substratos de fácil colonização e, em solos compactados, um maior volume de raízes de hospedeiras à sua disposição, há uma grande facilidade para seu estabelecimento e o surgimento do complexo de doenças

de solo, aumentando-se, consequentemente, a densidade de inóculo ano após ano.

As podridões-radiculares são os componentes mais comuns deste complexo, pois tanto *F. solani* e *R. solani* são habitantes endêmicos dos solos brasileiros e suas formas patogênicas são facilmente introduzidas por sementes e solo infestado aderido a implementos. Com a maior densidade de inóculo nas camadas mais superficiais do solo, encontram facilmente as raízes para sua infecção, causando perdas estimadas em 50% da produção, que na prática inviabilizam o rendimento econômico de lavouras severamente afetadas. Eventualmente, os danos podem superar essa proporção, como nos cultivos sob baixas temperaturas, fazendo com que o produtor opte por gradear a lavoura para semeadura de outra espécie resistente ou tolerante, ou mesmo revolver o solo e aguardar por condições mais favoráveis a uma nova semeadura do feijão.

Nos cultivos intensivos de feijão as podridões-radiculares ocorrem em todas as lavouras, onde, para compensar os danos ao sistema radicular, com frequência faz-se o uso excessivo de insumos, aplicados para atenuar os danos nas raízes. Há um consenso sobre o aumento de inóculo de patógenos como *F. solani* f. sp. *Phaseoli*, que ocorre mais rapidamente com a semeadura direta contínua, podendo dobrar sua população no solo durante o ciclo da cultura. Esse aumento da densidade de inóculo ocorre em menor proporção quando o solo é revolvido (Figura 1).

As facilidades encontradas pelos estrategistas R em sobreviver, colonizar matéria orgânica morta e parasitar plantas hospedeiras são responsáveis pela prevalência das podridões-radiculares em muitos sistemas com semeadura direta. Em levantamento com amostras de solo cultivados em sua maioria neste sistema, verificou-se que populações de *F. solani* estavam em sua maioria acima do nível de dano econômico para a cultura do feijão, estimado em 1000 propágulos por grama de solo (Figura 2).

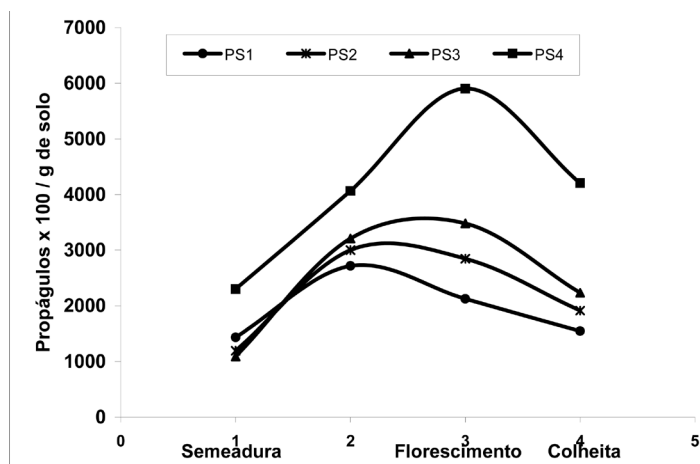


FIGURA 1 – Dinâmica de populações de *Fusarium solani* em cultivos de feijão (*Phaseolus vulgaris*) sob diferentes sistemas de semeadura.

Fonte: Santo Antônio de Goiás, GO (2003).

Notas: PS1 = aração anual; PS2 = aração bianual; PS3 = aração trianual; PS4 = plântio direto contínuo.

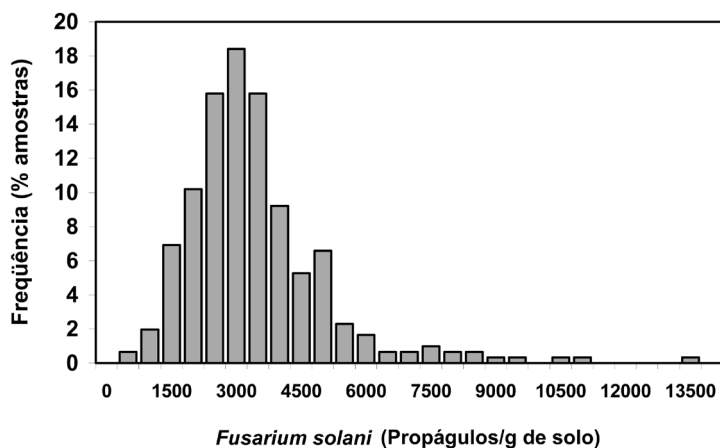


FIGURA 2 – Distribuição da densidade de inóculo de *Fusarium solani* isolados de solos cultivados com o feijão (*Phaseolus vulgaris*) sob irrigação por pivô central, na região Centro-Oeste, em amostras coletadas de agosto de 2002 a novembro de 2004.

A monocultura e as rotações curtas do feijão com outras espécies anuais sob semeadura direta favorecem o acúmulo de isolados patogênicos de *F. solani* no solo. Esse aumento da densidade de inóculo também ocorre em sucessões com plantas não hospedeiras, pois se sabe que espécies

de *Fusarium* são excelentes colonizadoras da rizosfera e da palhada de espécies como o milho e o sorgo.

A correlação entre a incidência da murcha-de-fusarium e o número de propágulos de *F. oxysporum* no solo também aumenta com semeaduras anuais do feijão em uma mesma área. Com o cultivo de espécies suscetíveis à murcha-de-fusarium, a pressão de seleção sobre espécies de *Fusarium* no solo também ocorre, favorecendo o aumento de *F. oxysporum* f. sp. *phaseoli* em detrimento a várias espécies não patogênicas ao feijoeiro comum, cujas populações diminuem. Esse fato é endossado pelo aumento de *F. oxysporum* f. sp. *phaseoli* estimado em laboratório com meios de cultura semisseletivos, demonstrando a consequência do cultivo intensivo de cultivares suscetíveis à murcha-de-fusarium.

Enquanto *F. solani* é encontrado com facilidade em praticamente todas as lavouras do feijão, nem sempre se consegue detectar *R. solani* no solo ou seus sintomas em raízes. Em levantamentos realizados na região Centro-Oeste verificou-se que 47,8% das amostras de solo avaliadas apresentavam no máximo 4% de resíduos orgânicos colonizados (%ROC) por *R. solani* (Figura 3). Mesmo assim, *R. solani* foi encontrada em altas densidades, de 10% ROC até 32-36% ROC. Esse mesmo levantamento estimou que eventualmente há cultivos de feijão em solos com densidade de *R. solani* superior a 40% ROC, com um máximo de 93% ROC. São casos onde o feijão é cultivado com um mínimo de raízes, devido à alta severidade de podridões-radiculares, nos quais as colheitas ficam sempre abaixo do esperado.

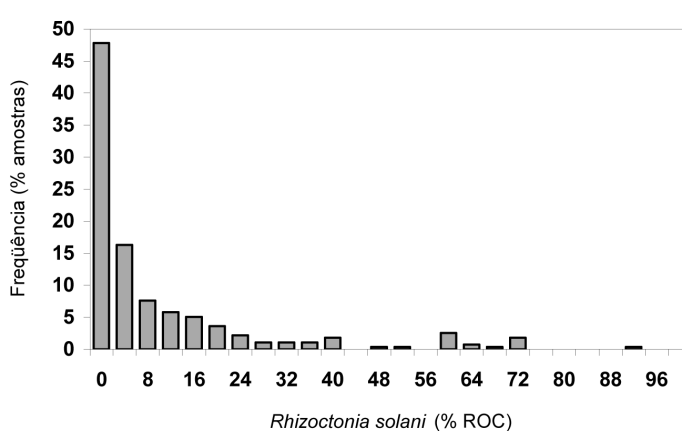


FIGURA 3 – Densidade de inóculo de *Rhizoctonia solani* de acordo com a porcentagem de resíduos orgânicos colonizados pelo patógeno (%ROC), em solos cultivados com o feijão (*Phaseolus vulgaris*) sob irrigação por pivô central, na região Centro-Oeste, em amostras coletadas de agosto de 2002 a novembro de 2004.

Ciente das facilidades desses patógenos em se estabelecer no solo e das limitações de várias práticas culturais que minimizem ou previnam as doenças por eles causadas, é essencial reconstruir o solo para manejá-lo de modo mais sustentável em 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, que recuperem a matéria orgânica, a microbiota benéfica e a estrutura do solo favorecem a recuperação da qualidade do solo e, conseqüentemente, diminuem os problemas e danos causados por esses fitopatógenos. 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 dessas doenças.

A capacidade produtiva de um solo não depende unicamente de suas características físico-químicas, mas também da interação entre diversos fatores no sistema solo-planta-microbiota. Esse aspecto torna-se evidente quando observamos a formação mais lenta e em menor núme-

ro de apotécios de *Sclerotinia sclerotiorum* em solo não cultivado, em comparação a solo sob cultivo do feijão. Dessa forma, saber manejar o solo de modo a preservar, ou mesmo melhorar suas características em sistemas sustentáveis, tornando-o supressivo a doenças, é um dos desafios para agricultura atual.

Parte dessa solução implica no uso de plantas de cobertura que possam ser supressoras a doenças, que aumentem gradualmente o teor de matéria orgânica do solo, visando a um incremento da microbiota benéfica ativa, em detrimento das populações de patógenos habitantes naturais do solo.

A desinfestação de solos tem sido obtida com eficiência em sistemas de integração lavoura-pecuária. Nesses sistemas, a supressão de patógenos tem sido creditada ao manejo de espécies de *Brachiaria*, em especial *Brachiaria brizantha* e *Brachiaria ruzisiensis*, que junto ao aporte de matéria orgânica no solo e à formação de palhada, geram melhorias na sua estrutura física, incrementos na ciclagem de nutrientes e estimulam o desenvolvimento de fungos e bactérias, que reduzem o inóculo de patógenos. 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” de integração lavoura-pecuária, fundamentado na produção consorciada de culturas de grãos (especialmente o milho) com braquiárias. O consórcio é estabelecido simultaneamente a semeadura da cultura anual ou cerca de 10 a 20 dias após a emergência desta. O manejo desse sistema minimiza a competição precoce da forrageira, evitando redução do rendimento das culturas anuais. Após a colheita destas, obtém-se uma produção da forrageira abundante e de alta qualidade, que pode alimentar parte representativa do rebanho bovino no período seco, ou servir de 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 da cultura do feijão, 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. A palhada funciona como uma barreira física à formação de apotécios de *S. sclerotiorum*, que dependem de luz para completar seu desenvolvimento. 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 destas, 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 a 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 camadas mais profundas. As raízes da planta de feijão 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-radicales. Conforme o acúmulo de inóculo dos patógenos junto à superfície do solo, em camadas inferiores as raízes têm menor chance de serem infectadas.

A estratégia de controle integrado de doenças, recomendada para todos os patógenos de solo aqui abordados, pode também associar a supressão de patógenos com braquiárias a outras práticas, como o controle biológico. Resultados obtidos em Jataí (GO), onde foram conduzidos diferentes tratamentos envolvendo a aplicação de *Trichoderma harzianum* '1303' em concentração de 2×10^9 conídios/mL, demonstraram que a produção de apotécios foi praticamente nula em parcelas cobertas com a forrageira e aplicação do controle biológico, enquanto sem a palhada foram encontrados até 88 apotécios/m².

Após a dissecação da braquiária para formação da palhada, estima-se que há um aporte de 10 e 12 toneladas/ha de matéria orgânica no solo. Esses resíduos são convertidos em compostos orgânicos via mineralização biológica e, além de seu efeito benéfico nas características físico-químicas do solo e como fertilizantes orgânicos, eles também têm seu papel na indução da supressividade às doenças causadas por patógenos habitantes ou invasores do solo.

A redução de inóculo de *R. solani* também ocorre após o cultivo de braquiárias. *Rhizoctonia solani* tem sua atividade saprofítica no solo suprimida por resíduos com alta relação C:N. Entretanto, não se pode generalizar que exista correlação entre a alta relação C:N do resíduo de braquiárias e a severidade de doenças, visto que restos culturais como os de sorgo aumentam a severidade da podridão-radicular com o cultivo subsequente

do feijão. Além da relação C:N, o nível de decomposição dos resíduos vegetais também é de extrema importância, pois estão interligados. Isto é, um resíduo com baixa relação C:N pode ser conducente a *R. solani* quando imaturo, tornando-se supressivo a este ao sofrer decomposição.

Pela rapidez com que *F. solani* e *R. solani* colonizam matéria orgânica morta, sugerimos evitar o cultivo do feijão logo após a dessecação da braquiária. Além da carência de nitrogênio imobilizado pela degradação de restos culturais, a cultura pode ser exposta ao aumento rápido de populações dos patógenos, mesmo sob um ambiente desfavorável às podridões radiculares. As diferenças entre o progresso de populações de *F. solani* desde o corte de *B. ruzisiensis* e *Stylosanthes guianensis* cv. Mineirão com triton para formação de palhada e durante o ciclo da cultura do feijão podem ser observadas na Figura 4.

Logo após o corte de *B. ruzisiensis* (alta relação C:N) a população do patógeno aumenta rapidamente e, depois de 30 dias, diminui na mesma taxa, estabilizando em população baixa durante a germinação e desenvolvimento inicial, fase em que ocorrem os danos mais importantes às raízes. No exemplo acima, sob capim *Stylosanthes* (baixa relação C:N) o aumento de *F. solani* praticamente se sustentou até o florescimento da cultura do feijão, que foi exposto a uma maior densidade de inóculo durante boa parte de seu ciclo. Em ambos os casos, a redução das populações de *F. solani* foi relacionada ao aumento da atividade de microrganismos no solo, estimada de acordo com a produção de enzimas por fungos e bactérias do solo.

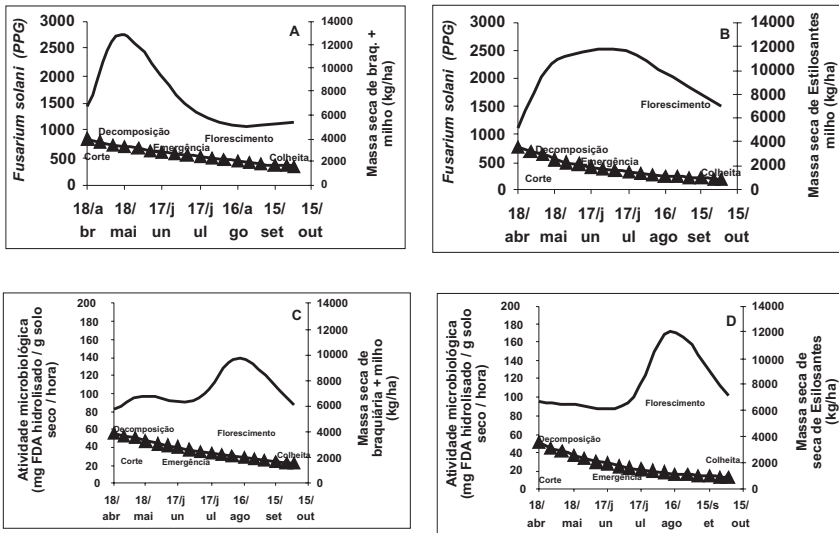


FIGURA 4 – Flutuação das populações de *Fusarium solani*, atividade microbiana e decomposição de restos culturais de *Brachiaria ruziziensis* + Milho (A) e *Stylosanthes guianensis* cv. Mineirão (B), atividade microbiana e massa seca de plantas de cobertura (C, D) até a colheita do feijão (*Phaseolus vulgaris*).

Fonte: Santo Antônio de Goiás, GO (2002).

A redução de populações de *F. solani* também tem sido verificada em outros exemplos com o uso de braquiárias solteiras ou pelo “Sistema Santa Fé”. As populações do patógeno mantêm-se baixas enquanto o solo está coberto com a forrageira e, logo após o retorno do cultivo de culturas anuais como feijão, soja e arroz, aumentam rapidamente (Figura 5).

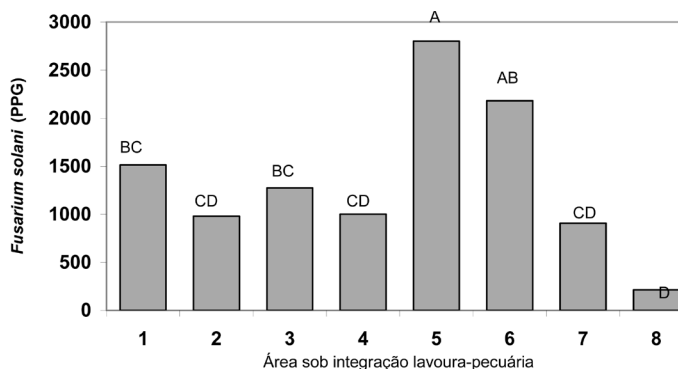


FIGURA 5 – Populações de *Fusarium solani* em um sistema de integração lavoura-pecuária, conduzido com *Brachiaria brizantha* e culturas anuais em diferentes rotações..

Fonte: Santo Antônio de Goiás, GO (2005).

Notas: Áreas 1 a 4 = pastagens de *B. brizantha* implantadas de 1 a 4 anos. Área 5 = Cultivo do feijão irrigado, após soja e três anos com braquiárias. Área 6 = segundo ano de feijão sob plantio direto irrigado, após cultivos de arroz e de soja, não irrigados. Área 7 = pastagem de gradada. Área 8 = vegetação nativa (cerradão).

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 consequências 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 outras forrageiras como o capim mombaça.

A observação dos mesmos benefícios em diferentes experimentos permite recomendar o cultivo de braquiárias por dois ou três anos, seguido de dois anos de grãos, para manutenção da baixa densidade de inóculo de patógenos e, posteriormente, novo retorno ao ciclo sob pastagem. Outro tema para estudo da supressividade gerada pelas braquiárias é a identificação de grupos específicos de microrganismos beneficiados pelo sistema e que reduzam as populações de patógenos. Observou-se correlação negativa entre populações de *Fusarium solani* e populações não patogênicas de *F. oxysporum* (Figura 6), sendo estas últimas conhe-

cidas também pelo potencial de hiperparasitismo de formas patogênicas da mesma espécie.

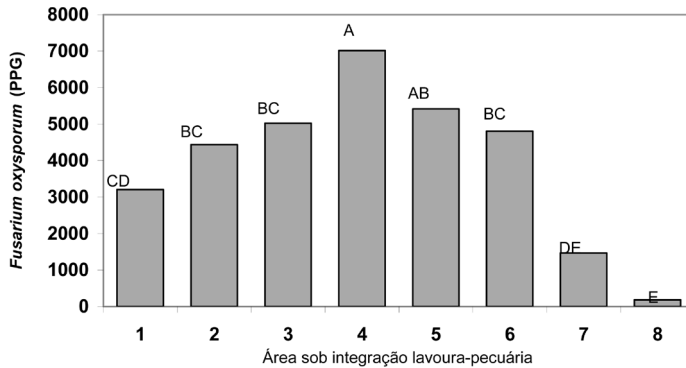


FIGURA 6 – Populações de *Fusarium oxysporum* em um sistema de integração lavoura-pecuária, conduzido com *Brachiaria brizantha* e culturas anuais em diferentes rotações, conforme a Figura 5.

Fonte: Santo Antônio de Goiás, GO (2005).

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 microrganismos. De modo geral, os microrganismos 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.

Outro patossistema onde também foi verificado o efeito benéfico de braquiárias foi o da murcha-de-fusarium em feijão (Figura 7). Esta doença causa amarelecimento e murcha das plantas durante o enchimento de vagens, com perdas na produção em nível variável, podendo afetar apenas algumas plantas ou até 80% da lavoura. Em áreas de produção de sementes, também tem sido responsável pela condenação de campos de produção. Sua importância tem aumentado em todo o Centro-Sul do país, principalmente em locais onde essa leguminosa é cultivada sob condições de temperaturas amenas e alta umidade do solo. Além das braquiárias, também foi demonstrado que outras gramíneas, como o milho e o capim-mombaça, também podem ser alternativas para rotação e produção de palhada, visando ao controle da murcha-de-fusarium (Figura 7).

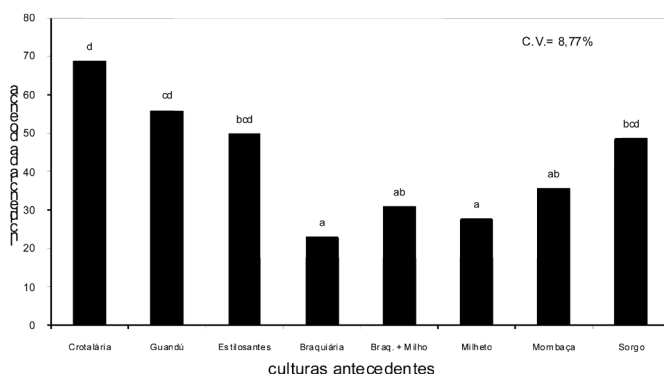


FIGURA 7 – Incidência de murcha-de-fusarium no feijão (*Phaseolus vulgaris*) cv. Valente, em dois sistemas de semeadura, cultivado sob diferentes sucessões de culturas, safra 2005.

Nota: Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

As diferentes interações microbianas, fatores físicos, químicos e ambientais em alguns solos podem dificultar o estabelecimento de patógenos ou inibir suas atividades patogênicas, caracterizando este solo como “supressivo” a doenças. Em muitos casos, a supressividade está diretamente relacionada à atividade microbiana do solo no período crítico do ciclo do patógeno, por exemplo, durante a germinação de propágulos e crescimento na rizosfera da planta hospedeira. A relação entre a ativi-

dade microbiana e as populações (e respectivos danos) de *F. solani* e *R. solani* em cultivos de feijão é inversamente proporcional.

Conhecer a dinâmica de microrganismos de interesse e monitorar a qualidade do solo é essencial para a permanente melhoria do sistema. Nesse sentido, os exemplos apresentados acima demonstraram vários benefícios do uso de braquiárias, que dificilmente são obtidos com outras práticas culturais. Outros arranjos de rotação de culturas anuais com pastagens podem ser desenvolvidos, conforme as demandas e possibilidades de cada região. De modo complementar, o monitoramento de patógenos de solo e dos responsáveis pela sua supressão, utilizados como indicadores da qualidade do solo para o melhor manejo visando controle de patógenos, endossam os benefícios da semeadura direta sobre palhada de braquiárias.

Portanto, parte do mérito de sistemas de integração lavoura-pecuária reside na restauração da estrutura física do solo e de microrganismos benéficos que controlam fitopatógenos, levando a uma supressividade expressiva das doenças, à sustentação da atividade agrícola e às colheitas desejadas. Por viabilizar o cultivo 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 da cultura do feijão.

REFERÊNCIAS

- Abawi, G. S.; Grogan, R. G. Epidemiology of diseases caused by *Sclerotinia* species. **Phytopathology**, v. 69, p. 899-904, 1979.
- CAMARGO, A. O. **Compactação do solo e desenvolvimento de plantas**. Campinas: Fundação Cargill, 1983.
- CANALLI, L. B. **Boletim Informativo da Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha**, v. 17, p. 1, jul./set. 2004.

CHUNG, Y. R. et al. Effects of organic-matter decomposition level and cellulose amendment on the inoculum potential of *Rhizoctonia solani* in hardwood bark media. **Phytopathology**, v. 78, p. 836-840, 1988.

COSTA, G. R.; COSTA, J. L. S. Influência do solo e de substratos para a produção de apotécios na germinação carpogênica de *Sclerotinia sclerotiorum*. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 36, p. 83-87, 2006.

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

COSTAMILAN, L. M.; LHAMBY, J. C. B.; BONATO, E. R. Sobrevivência de fungos necrotrofos em restos de cultura de soja, em sistema de semeadura direta. **Fitopatologia Brasileira**, v. 24, p. 175-177, 1999.

DAVEY, C. B.; PAPAIVIZAS, G. C. Effect of dry mature plant materials and nitrogen on *Rhizoctonia solani* in soil. **Phytopathology**, v. 50, p. 522-525, 1960.

DENARDIN, J.; KOCHHANN, R. Sistemas de produção em PD. **A Granja**, v. 55, p. 45-47, 1999.

DI STEFANO, J. G.; LOBO JUNIOR, M. A construção da planta e o manejo de doenças do feijoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, v. 28, p. 121-123, 2004. Suplemento.

DIAS JÚNIOR, M. S. Compactação do solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; SHAEFER, C. E. G. R. **Tópicos em ciência do solo**, v. 1, p. 55-94, 2000.

FAO – Food And Agriculture Organization Of The United Nations. Disponível em: <<http://www.apps.fao.org>>. Acesso em: 18 abr. 2006.

Filonow, A. B.; Arora, D. K. Influence of soil matric potential on ¹⁴C exudation from fungal propagules. **Canadian Journal of Microbiology**, v. 65, p. 2084-2087, 1987.

HUBER, D. M.; WATSON, R. D. Effect of organic amendment on soil – born plant pathogens. **Phytopathology**, v. 60, p. 22-26, 1970.

LOBO JUNIOR, M.; LOUZADA, G. A. S. Densidade de inóculo de *Fusarium solani* e *Rhizoctonia solani* em áreas cultivadas com o feijoeiro, na região Centro-Oeste.

In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FEIJÃO, 8., Goiânia. **Anais...** Goiânia: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. p. 170-173.

LOBO JUNIOR, M.; SOUZA, J. N. G.; SANTOS, A. B. **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. (Série Documentos, 89).

Lockwood, J. L. Fungistasis in soils. **Biology Review**, v. 52, p. 1-43, 1977.

----- . Relation of energy stress to behavior of soil-borne plant pathogens and to disease development. In: Hornby, D. (Ed.). **Biological control of soil-borne plant pathogens**. Wallingford, England: C.A.B. International, 1990.

OLIVEIRA, R. M. et al. 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, 2002. p. 180-183.

PAPAVIZAS, G. C.; DAVEY, C. B. Saprophytic behaviour of *Rhizoctonia* in soil. **Phytopathology**, v. 51, p. 693-699, 1961.

PAULA JUNIOR, J.; VIEIRA, R. F.; ZAMBOLIM, L. M. Manejo integrado de doenças do feijoeiro. **Informe Agropecuário**, v. 25, p. 99-112, 2004.

RAVA, C. A.; SARTORATO, A.; COSTA, J. G. C. Reação de genótipos de feijoeiro comum ao *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli* em casa de vegetação. **Fitopatologia Brasileira**, v. 21, p. 296-300, 1996.

RODRÍGUEZ-KABANA, R.; CALVET, C. Capacidad del suelo para controlar enfermedades de origen edafico. **Fitopatologia Brasileira**, v. 19, n. 2, p. 129-138, 1994.

SÁ, J. C. M. A intimidade do processo: por que não lavrar nem gradear o solo? **Revista Plantio Direto**, v. 60, p. 20-21, 2000.

SARTORATO, A.; RAVA, C. A. Murcha ou amarelecimento de *Fusarium*. In: SARTORATO, A.; RAVA, C. A. (EDS.). **PRINCIPAIS DOENÇAS DO FEIJOEIRO COMUM E SEU CONTROLE**. BRASÍLIA. EMBRAPA-SPI, 1994.

TOLEDO-SOUZA E. D. **Influência de sistemas de cultivo e de sucessões de culturas em patógenos de solo do feijoeiro-comum (*Phaseolus vulgaris* L.).**

Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

_____. et al. Incidência de murcha-de-fusarium e produção do feijoeiro-comum em diferentes sistemas de cultivo. In: Congresso Brasileiro de Fitopatologia, 33., 2005, Brasília. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, 2005. p. S125.

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**, v. 22, p. 3001-3009, 1998.

VAN BRUGGEN, A. H. C.; SEMENOV, A. M. In search of biological indicators for soil health and disease suppression. **Applied Soil Ecology**, v. 15, p. 13-24, 2000.

Controle da Mela

Gesimária Ribeiro Costa
Eliane Divina de Toledo Souza

1 INTRODUÇÃO

As perdas na produção da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) causadas por *Thanatephorus cucumeris* chegam a até 100% e representam um prejuízo de milhões de toneladas de grãos/ano, especialmente na safra “das águas”. Além dessas, existem as perdas qualitativas, que também são de grande importância, uma vez que comprometem o uso do grão produzido ou o classificam para outro uso menos nobre. Nesse cenário, o controle químico ainda é a principal ferramenta para assegurar a produção do feijão. Porém, mediante as preocupações com a saúde humana e a poluição ambiental, a redução da quantidade aplicada de fungicidas é de alto interesse para a sociedade. Apesar de a resistência genética ser o método ideal de controle de doenças, a adoção desse procedimento é dificultada pela não disponibilidade de genótipos de feijão resistentes à mela. Além disso, não se conhece a extensão da transmissibilidade de *T. cucumeris* pelas sementes ou mesmo da redução da produtividade em diferentes níveis de infecção do hospedeiro. A complexidade do patossistema mela *versus* cultura do feijão exige a integração de práticas de controle, uma vez que, em ambientes favoráveis ao desenvolvimento do

patógeno, medidas de controles testadas isoladamente não têm apresentado resultados satisfatórios.

2 RESISTÊNCIA GENÉTICA

A procura de resistência genética está associada a materiais com resistência à seca ou de ciclo precoce, pois permite um maior escape da época das chuvas mais intensas sem prejudicar a produtividade, e/ou de porte ereto, que promove um ambiente interno menos favorável ao desenvolvimento da doença.

Dentre os materiais precoces, capazes de evitar a época mais favorável para o desenvolvimento da mela, alcançaram boas produtividades as cultivares Rosinha, Carioca e Roxão-RG, que apresentam baixa incidência da mela (1 a 5%). O material Huetar descrito como resistente, apresentou, em experimento realizado na transamazônica, um índice quatro vezes superior aos demais e baixa produtividade.

Quanto à resistência à seca, as linhagens menos suscetíveis, que alcançaram maior produtividade em Belém, foram a CF 81041 e a CF 810480.

Numa avaliação com caupi, as linhagens CNVX 2-3 D E TVU-400 apresentaram alta resistência, mostrando poucos e pequenos sintomas da infecção, ao contrário da linhagem TVU 309-1G, que apresentou alta suscetibilidade.

Estudos em Leopoldina, MG, relataram que no experimento do Grupo Preto, a cultivar Meia Noite, não apresentou sintomas de mela. No Grupo Carioca, a menor severidade foi na cultivar NA-730240 e a maior nas cultivares AN- 910518 e ESAL-609. No Grupo Vermelho, a severidade foi menor na cultivar F-11-H-3586/54/1 e maior na cultivar BP-9116316. No Grupo Jalo, a severidade da mela foi menor na cultivar Novo Jalo e maior nas cultivares Iraí de Minas, EEP-558 e Multi 634.

Experimento de populações segregantes de feijão para resistência a mela no estado do Acre relata que nenhum dos materiais analisados

apresentou resistência em condições de elevada precipitação. Entretanto, a linhagem 2610-15 mostrou-se menos suscetível do que as demais. Em Goiás, o genótipo RAI 70 mostrou-se significativamente resistente. As cultivares KAB 70 e a Turrialba 1 em outro experimento foram as mais resistentes em Goiás, sendo também citadas como resistentes a Porrilo 70, a S 630 B.

Estudos recentes demonstraram que, apesar de não terem sido observadas diferenças significativas entre a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) nas diferentes cultivares avaliadas, o progresso da doença foi mais lento nas cultivares de porte ereto, indicando que o porte de plantas pode ser uma variável relevante para integrar ao conjunto de medidas propostas para o manejo integrado da mela na cultura do feijão.

Genótipos com relatos de resistência a mela em outros países da América Latina e América Central se apresentaram altamente suscetíveis quando testados no Trópico Úmido Brasileiro. É possível que os níveis de resistência desses genótipos sejam adequados para a baixa pressão de inóculo existente nesses países, sendo inadequados para as nossas condições.

3 PRÁTICAS CULTURAIS

3.1 UTILIZAÇÃO DE SEMENTES LIVRES DO PATÓGENOS

A utilização de sementes livres do patógeno visa a impedir a entrada do patógeno na área, pois as sementes são consideradas fontes de inóculo primário. Portanto, sementes de boa qualidade e procedência confiável são indispensáveis. Sementes infectadas podem apresentar 25% de redução no poder germinativo e também reduzem o estande inicial e final.

3.2 ÉPOCA DE SEMEADURA E ESPAÇAMENTO

A época ideal de semeadura deve conciliar os estádios críticos da planta que favorecem o desenvolvimento da doença com as condições climáticas desfavoráveis, principalmente no período menos chuvoso. Na ausência de irrigação, o risco de perdas na produtividade é alto, além do alto custo dos equipamentos de irrigação. Para as regiões de clima equatorial, onde a incidência e a severidade da mela são acentuadas, estudos mostram que a época ideal para a semeadura é a partir da segunda semana de abril e início de maio, contudo, no máximo até a primeira semana, pois a deficiência hídrica nas fases finais do ciclo pode afetar a produtividade. Outro fator que atua conjuntamente com a época de semeadura na formação do microclima em torno da planta é o espaçamento; quanto menos denso a semeadura, menor a retenção de umidade. Foi observado também que na região da Transamazônica, além da semeadura na segunda quinzena de abril, o espaçamento de 0,5 a 0,6m x 0,4m reduz a severidade da doença. Na região Centro-Oeste, utiliza-se o espaçamento de 0,4 a 0,6 m entre linhas para o feijão, com 12 a 15 plantas/m. Estudos mostraram que entre os espaçamentos de 0,4, 0,5 e 0,6 m, com 15 sementes/m, não houve diferenças quanto à severidade da mela.

3.3 CULTIVO MÍNIMO E UTILIZAÇÃO DE COBERTURA MORTA

Cultivo mínimo e utilização de cobertura morta destacam-se entre as práticas culturais com sucesso no controle da mela. A cobertura morta atua como barreira física, fazendo com que o transporte, pela água de chuva ou pela irrigação, de estruturas do fungo do solo para as plantas seja reduzido. Apresenta também a vantagem de manter a umidade do solo nos semeaduras tardias, medida adotada para escapar da época de maior incidência da doença. Reduz ainda as plantas daninhas e aumenta a diversidade microbiológica do solo. Coberturas com palha de arroz e

com braquiária têm sido indicadas e apresentam resultados satisfatórios no sistema de plantio direto ou cultivo mínimo. Estudos demonstraram que o sistema de plantio direto resultou na menor taxa de progresso da doença e na redução do inóculo inicial, quando comparado à aração ou à gradagem do solo.

3.4 ROTAÇÃO DE CULTURAS

A rotação de culturas é uma medida questionável devido a vários fatores, dentre eles: a capacidade saprofítica, estruturas de sobrevivência e ainda pela sua ampla gama de hospedeiras do patógeno. Entretanto, tem-se recomendado o emprego do fumo, milho e outras gramíneas. O cultivo em consórcio como o milho também reduz a severidade de doenças, por fazer com que o contato das plantas com o solo seja diminuído.

4 CONTROLE QUÍMICO

Dentre as medidas de controle disponíveis para a mela na cultura do feijão, recomenda-se o controle químico, que tem por principais objetivos proteger as plantas do ataque do patógeno e proporcionar uma redução na taxa de progresso da doença. Geralmente, tem-se recomendado aplicação foliar de fungicidas protetores e sistêmicos. Contudo, quando as condições ambientais são favoráveis ao desenvolvimento da mela, o controle da doença pode não ser efetivo, principalmente quando se usam fungicidas não sistêmicos.

Em casa de vegetação, a doença foi controlada pelos fungicidas pencycuron, benomyl, tiofanato metílico+clorotalonil, tiabendazol, amilazine, clorotalonil, tolclofos metil e iprodione, quando aplicados preventivamente. Estudos mostraram que os fungicidas carbendazin e benomyl apresentaram os melhores resultados no controle da doença, quando comparados aos fungicidas, chlorothalonil + tiofanato

metil, tiofanato metil e vinclozolin, refletindo inclusive na qualidade da semente.

O surgimento de novos ingredientes ativos de fungicidas registrados para a cultura do feijão, mesmo sem recomendação para o fungo *T. cucumeris* nessa cultura, motivou pesquisadores a testá-los para o controle da mela. Os fungicidas azoxystrobin e fentin hydroxide mostraram resultados satisfatórios para o controle da doença.

Dois experimentos utilizando vários fungicidas foram realizados na Embrapa Arroz e Feijão. No primeiro, foram realizadas três pulverizações a cada 14 dias. Observou-se que a severidade da mela comprometeu muito a produtividade (Tabela 1), provavelmente devido ao fato de a primeira pulverização ter sido realizada muito tardiamente (pré-floração), quando a severidade da doença já atingia nota 4 (entre 51 a 75% da área da planta infectada).

No segundo experimento, foram realizadas quatro pulverizações, sendo a primeira no início da epidemia (20 dias após a emergência – DAE), a segunda aos 35, a terceira aos 45 e a quarta aos 57 DAE (Tabela 2). Nos dois experimentos, o azoxystrobin nas doses 100 e 80 g de i.a./ha não diferenciou entre si e foi superior aos demais tratamentos, reduzindo a severidade da doença. O fungicida azoxystrobin na dose de 100 g de i.a./ha foi 13%, 20% e 35% superior no controle da doença em relação às doses de 80, 60 e 40 g de i.a./ha, respectivamente. Em conclusão, o controle químico da mela não deve se limitar a estádios fenológicos pré-estabelecidos. O início das pulverizações deve ser realizado por ocasião do aparecimento da doença. As pulverizações subsequentes não necessitam seguir intervalos regulares e, sim, serem administradas conforme evolução ou reaparecimento dos sintomas da doença na planta.

TABELA 1 – Controle químico da mela (*Thanatephorus cucumeris*) na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris*) (primeiro experimento), Goiânia, GO.

Tratamento	Dose g i.a/ha	Produtivi- dade Kg/ha	Severidade de doença Avaliações semanais			
			1ª(*)	2ª	3ª	4ª
Controle	-	192,3c	4,5	5,0	4,7	5,0a(**)
Azoxystrobin	40	361,7b	3,5	4,2	3,0	3,0bc
Azoxystrobin	60	311,3b	4,2	4,0	3,5	3,5b
Azoxystrobin	80	456,5a	3,5	3,5	3,0	2,7c
Azoxystrobin	100	473,7a	3,5	3,5	3,7	2,5c
Clorotalonil	1237	320,5b	5,0	5,0	5,0	4,5ª
Clorotalonil+ Hexaconazole	45+900	213,6c	5,0	5,0	5,0	4,5ª
Hidróxido de Trifenil Estanho	200	470,5ab	4,5	4,5	5,2	3,5b

Fonte: COSTA (1999).

Notas: (*) Avaliação realizada após a primeira pulverização. (**) Valores seguidos verticalmente pela mesma letra não diferem estatisticamente de acordo com Waller-Duncan-K-Ratio-T-test.

TABELA 2 – Controle químico da mela (*Thanatephorus cucumeris*) na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris*) (segundo experimento), Goiânia, GO.

Tratamento	Dose g i.a/ha	Produtividade Kg/ha	Severidade de doença Avaliações semanais					
			1a(*)	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª
Controle	-	1201 d	2,0	2,5	3,0	3,2	4,0	4,0a(**)
Azoxystrobin	40	1548 bc**	1,6	1,7	2,3	2,8	3,0	2,7b
Azoxystrobin	60	1590 bc	1,6	1,6	1,7	2,3	2,4	2,4bc
Azoxystrobin	80	1650 ab	1,2	1,2	1,5	1,7	2,0	2,1c
Azoxystrobin	100	1764 a	1,3	1,2	1,2	1,3	1,7	1,9c
Clorotalonil	1237	1208 d	2,1	2,7	3,1	3,2	4,0	4,0a
Clorotalonil+ Hexaconazole	45+900	1580 bc	1,7	1,5	2,1	2,3	2,5	2,7b
Hidróxido de Trifenil Estanho	200	1503 c	1,4	1,4	1,5	2,6	2,9	3,0b

Fonte: COSTA (1999)

Notas: (*) Avaliação realizada após a primeira pulverização | (**) Valores seguidos verticalmente pela mesma letra não diferem estatisticamente de acordo com Waller-Duncan-K-Ratio-T-test.

Estudos recentes foram realizados utilizando (três aplicações aos 30, 45 e 60 DAP) dos fungicidas azoxystrobin, carbendazin, mancozeb, tebuconazole, fentin hydroxide, pyraclostrobin, tryfloxistrobin+cyproconazole, tryfloxistrobin+propiconazole e clorotalonil. Os produtos que proporcionaram menor severidade da doença foram: tryfloxistrobin + cyproconazole, tryfloxistrobin + propiconazole, fentin hydroxide e azoxystrobin.

Resultados indicam a importância do controle precoce da doença quando estão vigentes condições climáticas favoráveis. Entretanto, até o momento os fungicidas testados não estão registrados para o controle da mela na cultura do feijão e os testes já realizados referem-se apenas à eficiência agronômica dos produtos.

5 SUGESTÕES PARA O MANEJO INTEGRADO

A mela na cultura do feijão se constitui numa doença em que o controle só poderá ser conseguido com a integração de vários métodos. As medidas de controle citadas anteriormente provavelmente não serão eficazes se empregadas individualmente. Consequentemente, a maior ou menor eficácia do controle integrado está diretamente relacionada à capacidade do produtor de utilizar um maior ou menor número das práticas recomendadas (Tabela 3). É imperativo mencionar que, para serem recomendados aos agricultores na forma de pacote tecnológico de controle integrado desta doença, as práticas ou métodos de controle devem ser testados experimentalmente nas condições de ambiente de cada região. Resultados satisfatórios podem ser conseguidos mediante utilização de sementes de boa qualidade ou tratadas com fungicidas; efetuação do cultivo sob cobertura morta (palha de arroz e braquiária), o que comprovadamente reduz a severidade da doença em relação ao plantio convencional; escolha das cultivares a serem plantadas e monitoramento da doença no campo, para que as aplicações de fungicidas ocorram no início do aparecimento dos sintomas; eliminação de restos de cultura contaminados e rotação com culturas não hospedeiras, como fumo e

gramíneas. Em cultivos irrigados, deve-se fazer o controle da água de irrigação para que não ocorra excesso de umidade do solo. Outras medidas que têm efeito sobre a sobrevivência do patógeno são a aração profunda, a boa drenagem do solo e o controle de plantas daninhas.

TABELA 3 – Medidas de controle integrado da mela (*Thanatephorus cucumeris*)

Medida de controle	Objetivo	Mecanismo
Semente livre do patógeno	Impedir a entrada do patógeno na área	Exclusão do patógeno
Época de semeadura e aumento do espaçamento	Escape da doença	Redução das condições favoráveis à doença
Cultivo mínimo e cobertura morta	Reduzir a eficiência da disseminação do inóculo primário	Criação de barreira física entre patógeno e hospedeiro Promoção do controle biológico
Destruição dos restos de culturas infectadas	Reduzir a densidade e o potencial de inóculo	Destruição do inóculo
Pré-incorporação dos resíduos culturais e aração profunda com tombamento da leiva	Reduzir a densidade e o potencial de inóculo	Desalojamento dos propágulos, tornando-os mais vulneráveis a intempérie Diluição dos propágulos no perfil do solo Estresse nutricional e anaerobiose
Rotação de culturas	Reduzir o inóculo inicial	Estresse do patógeno Promoção do controle biológico
Pulverização com fungicidas	Proteger os tecidos suscetíveis do hospedeiro	Inibição do crescimento micelial e/ou da germinação dos basidiósporos

Fonte: SARTORATO et al. (1994).

6 REFERÊNCIAS

CAMPOS, I. S.; GOMES, T. C. A.; PAZ, F. C. A. **Plantio direto do feijão na palha do arroz: alternativa para controle da mela do feijoeiro**. Rio Branco: EMBRAPA-UEPAE, 1990. (Comunicado Técnico, 54).

CAMPOS, I. S.; PAZ, F. C. A.; GOMES, T. C. A. **Efeito dos restos culturais do arroz sobre a ocorrência da “mela” e produção de feijão em Rio Branco, AC**. Rio Branco: EMBRAPA-UEPAE, 1988. (Pesquisa em Andamento, 61).

CARDOSO, J. E. et al. Avaliação de germoplasmas de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) quanto à reação à mela (*Thanatephorus cucumeris* (Frank) Donk). In: RENAF-REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 1990, Vitória, ES. **Caderno de Resumos...** Vitória, 1990.

CARDOSO, J. E. et al. Manejo integrado da mela do feijoeiro-comum. **Fitopatologia Brasileira**, v. 22, p. 381-386, 1997.

CARDOSO, J. E.; MESQUITA, J. E. L. **Ocorrência de mela do feijoeiro em germoplasmas de caupi no Acre**. Rio Branco: EMBRAPA-UEPAE, 1981. (Comunicado Técnico, 24).

CARDOSO, J. E.; OLIVEIRA, E. B.; MESQUITA, J. E. L. **Efeito da mela do feijoeiro na qualidade da semente**. Rio Branco: EMBRAPA-UEPAE, 1980. (Comunicado Técnico, 18).

CASTAÑO, M. **Evaluacion de germoplasma para a resistencia a mustia hilachosa hojas de frijol para América Latina**, v. 13, n. 1-2, 1982.

CORRÊA, J. R. V. Controle da murcha da teia micélica na região da transamazônica. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 1982, Goiânia. **Anais...** Goiânia. EMBRAPA-CNPAF, 1982. (Documentos, 1).

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

_____. et al. Reação de cultivares do feijoeiro comum do grupo carioca à mela (*Thanatephorus cucumeris*). In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 8., 2005, Goiânia, GO. **Anais...** Brasília: Embrapa, 2005. p. 216-218.

COSTA, J. L. S. Eficiência do Azoxystrobin no controle da mela do feijoeiro. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 6., 1999, Salvador, BA. **Anais...** Salvador, 1999. p. 188-190.

GODINHO, V. P. C.; UTUMI, M. M.; PRADO, E. E. Controle químico da mela do feijoeiro-comum através do uso dos fungicidas azoxystrobin e fentin hidroxide. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 6., 1999, Salvador, BA. **Anais...** Salvador, 1999. p. 146-149.

LEAL, E. C.; OLIVEIRA, M. A. S.; RAPOSO, J. A. A. **Competição de cultivares de feijão (*Phaseolus*) em diferentes épocas de plantio**. Porto Velho: Embrapa/UEPAE, 1979. (Comunicado Técnico, 9).

NEWMAN LUZ, E. D. M. N. A mela do feijoeiro no estado do Acre. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 4, p. 121-122, 1979.

OYEKAN, P. O.; WILLIAMS, R. J. Evolution of fungicides for control of cowpea web blight. **Ann. Phytopathology Society**, v. 31, p. 94-95, 1976.

PAULA JUNIOR, T. J.; COSTA, H.; ZAMBOLIM, L. Mela (*Thanatephorus cucumeris*) em feijoeiro na região da Zona da Mata de Minas Gerais. **Fitopatologia Brasileira**, v. 20, p. 511-512, 1995.

POLTRONIERI, L. S.; OLIVEIRA, A. F. F.; POLTRONIERI, M. C. **Seleção de linhagens precoces de feijoeiro visando escape da mela**. Belém: EMBRAPA-CPA-TU, 1992. (Pesquisa em andamento, 164).

PRABHU, A. S. et al. **Eficiência relativa de fungicidas para o controle da murcha da teia micélica do feijoeiro-comum na região transamazônica**. Belém: IPEAN, 1975. (Comunicado Técnico, 49)

PRABHU, A. S. et al. Murcha da teia micélica do feijoeiro-comum, epidemiologia e aplicação de fungicidas. **Pesq. Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 18, p. 1323-1332, 1983.

PROSAD, K.; WEIGLE, J. L. Association of seed coat factor with resistance to *Rhizoctonia solani* in *Phaseolus vulgaris*. **Phytopathology**, v. 66, p. 342-345, 1976.

RITZINGER, C. H. S. P. **Influência da cobertura e do pH do solo na incidência da “mela” do feijoeiro (*Phaseolous vulgaris* L.)**. Rio Branco: EMBRAPA-UEPAE, 1990. (Pesquisa em andamento, 44).

_____; OLIVEIRA, R. P.; VIÉGAS, R. M. F. **Influência do pH, cobertura morta e época de plantio na incidência de mela do feijoeiro**. Rio Branco: Embrapa/CPAF, 1992. (Boletim de Pesquisa, 4).

VIEIRA, J. C.; ARAÚJO, L. H. A. Controle integrado da mela do feijoeiro-comum. In: RENAFE – REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 2., Goiânia, 1987.

Manejo do Mofo-Branco

Trazilbo José de Paula Júnior
Rogério Faria Vieira
Murillo Lobo Júnior
Marcelo Augusto Boechat Morandi
José Eustáquio de Souza Carneiro

1 INTRODUÇÃO

O mofo-branco [*Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary] é uma das principais doenças que afetam a cultura do feijão. Para o seu controle é muito importante que se evite a entrada do patógeno na lavoura, pois, uma vez presente nos campos de cultivo, torna-se praticamente impossível erradicá-lo. Contudo, a adoção de estratégias de controle de forma integrada permite a manutenção de inóculo em níveis baixos e o convívio com a doença no campo. Além de várias práticas culturais que contribuem para a redução do inóculo do patógeno no solo e da doença no campo, as pesquisas com métodos alternativos de controle têm se intensificado, particularmente em relação à aplicação de agentes de controle biológico. A seguir serão abordadas as principais medidas de controle para o mofo-branco.

2 SEMENTES SADIAS E TRATADAS

O patógeno tem sido introduzido em novas áreas principalmente por intermédio de sementes infectadas com o micélio do fungo no tegumento

e/ou contaminadas com os escleródios (Fotos 35 e 36). O uso de sementes de baixa qualidade tem contribuído também para a expansão do mofo-branco para áreas de sequeiro, aumentando a dificuldade de se controlar a doença. Por isso, o uso de sementes sadias é fundamental para evitar a introdução de *S. sclerotiorum* ou para diminuir o potencial de inóculo do patógeno em áreas já contaminadas. Normalmente, a contaminação das sementes de feijão ocorre durante a trilha das plantas, quando os escleródios se desprendem das plantas doentes. Esses escleródios, juntamente com pedaços de plantas infectados e solo infestado, podem ser eliminados durante o processo de beneficiamento. No interior de sementes, o patógeno pode sobreviver como micélio dormente por três anos ou mais.

Além de sua introdução na lavoura com as sementes de feijão, o patógeno pode ser introduzido na área de cultivo pelas sementes de outras espécies de plantas, para as quais o cuidado com a qualidade sanitária da semente deve ser estendido.

O emprego de sementes certificadas é garantia para o agricultor de investimento em variedade recomendada pela pesquisa com pureza genética e alta porcentagem de germinação. No que diz respeito à qualidade sanitária dessas sementes, o controle atual é relativamente rígido, mas não há 100% de garantia de que elas estejam livres de *S. sclerotiorum*. Alguns laboratórios estão credenciados para fazer testes de detecção de sementes infectadas pelo patógeno. Portanto, semente certificada não é necessariamente sinônimo de semente sadia; apesar disso, constitui a melhor opção de semente disponível no mercado. Em glebas não infestadas pelo patógeno, onde o feijão vai ser cultivado pela primeira vez, deve-se tomar uma providência importante: encomendar semente sadia de uma instituição de pesquisa idônea. Mesmo com o patógeno presente na área, o cuidado com a qualidade de sementes deve continuar, pois novos focos da doença podem surgir se continuarem a ser usadas sementes contaminadas e/ou infectadas.

Alguns cuidados devem ser observados na aquisição e no manejo das sementes:

- » não adquirir sementes de áreas com histórico da doença;
- » exigir teste de sanidade do lote de sementes;
- » rebeneficiar as sementes adquiridas. Em geral, máquinas de ventilação e peneiras são eficientes em eliminar impurezas leves e sementes pequenas. No entanto, sementes manchadas e/ou deformadas podem estar transportando patógenos, independentemente do seu tamanho; as de tamanho normal não são eliminadas pelas peneiras. Como essas sementes, em geral, são menos densas que as sadias, o uso da mesa gravitacional, que separa as sementes por densidade, é ajuda adicional para eliminar sementes infectadas. Ademais, esse procedimento pode melhorar a porcentagem de germinação e o vigor das sementes e a pureza física do lote. Embora o rebeneficiamento não dê origem à semente sadia por si só, ele geralmente reduz o inóculo do patógeno;
- » tratar a semente com fungicidas registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), de preferência com mistura de produtos de ação sistêmica e protetora nos estados onde a legislação vigente permitir. Geralmente, o tratamento das sementes tem eficiência alta em erradicar o patógeno dormente no interior delas.

Se junto aos fragmentos de plantas, grumos de solo e insetos forem observados escleródios, fica evidenciada a presença da doença no campo onde as sementes foram colhidas.

3 ÉPOCA DE SEMEADURA

Em áreas com histórico de mofo-branco, deve-se evitar cultivar o feijão no outono-inverno. Em regiões onde o problema com o mosaico-

dourado não é muito sério, a semeadura de janeiro a março é uma opção para evitar o mofo-branco. Outra opção é semear na segunda quinzena de julho (cultivo de inverno-primavera). Nesse caso, a época do florescimento tem início em período com temperaturas crescentes, e a intensidade do mofo-branco geralmente é baixa. O emprego de cultivares precoces minimiza o risco de a colheita coincidir com o início da estação chuvosa. A semeadura de feijão em época desfavorável ao mofo-branco visa não apenas à redução de perdas, como também à redução da produção de inóculo na planta.

4 LOCAL DE SEMEADURA

O feijão deve ser cultivado, de preferência, em áreas não infestadas com *S. sclerotiorum*. Essa medida é essencial quando se trata de campo de produção de sementes. Em glebas onde a doença já ocorre, recomenda-se o cultivo em encostas ensolaradas e bem drenadas. Se possível, a área deve ser isolada de lavouras vizinhas de feijão e de outras hospedeiras.

5 CULTIVARES

Algumas cultivares de feijoeiro mostram certa tolerância à doença no campo, especialmente as de porte ereto, por permitirem maior circulação de ar e insolação e reduzirem o contato da folhagem e das vagens com os restos de cultura na superfície do solo. Existem cultivares e linhagens que apresentam resistência parcial à doença. Pesquisas têm sido feitas para desenvolver cultivares com resistência mais estável. Sabendo-se que flores em senescência funcionam como “porta de entrada” do patógeno para infectar as plantas, o controle do mofo-branco pode ser facilitado com o uso de cultivares que concentrem a floração em período curto, ao contrário de algumas que permanecem com flores (e risco de infecções primárias) por cerca de 40 dias.

A intensidade do mofo-branco é maior em cultivares de crescimento exuberante, com produção de muita folhagem. Naturalmente, o espaçamento entre fileiras, o hábito de crescimento, a densidade de plantas, o fotoperíodo, a temperatura e a aplicação de fertilizantes podem afetar o desenvolvimento da folhagem e, conseqüentemente, a intensidade da doença, especialmente em cultivares prostradas.

O desenvolvimento de cultivares que aliem resistência fisiológica ao mofo-branco e arquitetura da planta que permita adequada aeração das plantas e melhor penetração da luz solar no seu dossel e no solo seria um forte aliado no controle integrado da doença. No Brasil, no entanto, os esforços dos programas de melhoramento para o desenvolvimento dessas cultivares são incipientes.

6 ESPAÇAMENTO E DENSIDADE DE SEMEADURA

Sempre que possível, as fileiras devem ser orientadas paralelas à direção do caminamento do sol e/ou à direção predominante dos ventos, para reduzir a umidade do solo e facilitar o arejamento das plantas.

Quando o mofo-branco não é problema, geralmente é empregado o espaçamento entre fileiras de 50 cm, com 10 a 12 plantas por metro. O uso de espaçamento entre fileiras mais largo aliado a pequeno número de plantas por fileira permite maior circulação de ar e melhor insolação no interior da planta e na superfície do solo, situação desfavorável ao mofo-branco. Para entender até que ponto seria possível modificar o espaçamento e a densidade de semeadura, na tentativa de desfavorecer o mofo-branco e sem reduzir o rendimento da cultura, foram realizados experimentos em Viçosa, MG, em duas situações: com e sem a aplicação de fungicida para o controle do mofo-branco. Só houve vantagem em aumentar o espaçamento entre fileiras para 75 cm quando não se empregou fungicida (Tabela 1). Em glebas infestadas com *S. sclerotiorum*, o agricultor não deve ter mais de 10 plantas por metro (Tabela 2).

Na verdade, o ideal, em áreas uniformemente tomadas pelo patógenos, é que se tenham 6 plantas por metro. Com essa densidade, em comparação com 12 plantas por metro, a produtividade do feijão não é reduzida, e os grãos colhidos são maiores. O uso de semeadora com boa precisão de distribuição de sementes e bom controle de plantas daninhas são pré-requisitos para implementar essa tecnologia.

TABELA 1 – Efeito de espaçamentos entre fileiras com e sem emprego de fungicida fluazinam aplicado aos 45 (início da floração) e aos 55 dias após a emergência da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris*). Viçosa, MG, 2002.

Espaçamento entre fileiras	Produtividade (kg.ha ⁻¹)		Diferença
	Com fungicida	Sem fungicida	
50 cm	3018	2180	838(**)
75 cm	2650	2206	444(**)
Diferença	368(**)	26(ns)	

Fonte: VIEIRA et al. (2005).

Notas: (ns) Não significativo | (**) Significativo (Tukey, $P < 0,01$).

TABELA 2 – Efeito da densidade de plantas de feijão (*Phaseolus vulgaris*) na intensidade do mofo-branco (*Sclerotinia sclerotiorum*) e no rendimento de grãos. Viçosa, MG, 2000 a 2004.

(continua)

Plantas por metro	Incidência (%)	Severidade (*)	Rendimento (kg.ha ⁻¹)
2000			
5	85,7	60,0	1865
7,5	95,3	70,5	1710
15	96,7	79,0	1394 ²
2001			
4	59,0	27,2	2623
8	79,4	38,2	2612
12	84,2	44,5	2538
16	88,7	50,5	2396 ³

(conclusão)

Plantas por metro	Incidência (%)	Severidade (*)	Rendimento (kg.ha ⁻¹)
2002			
6	35,6**	23,7(**)	2572 ^(ns)
12	50,9	38,5	2455
2003			
6	48,3 ^(ns)	20,0 ^(ns)	2131 ^(ns)
12	47,7	25,2	2188
2004			
6	95,0 ^(ns)	55,3(**)	1382 ^(ns)
12	96,6	65,7	1385

Notas: (*) Índice de Mckinney(%) = $\frac{\sum(\text{valor da nota} \times \text{n}^\circ \text{ de plantas com essa nota})}{\text{n}^\circ \text{ total de plantas} \times \text{valor máx. da escala de notas}} \times 100$

(nº total de plantas x valor máx. da escala de notas)

² $y = 2077,6 - 45,97x$ ($r^2 = 0,98$); ³ $y = 2731,1 - 18,9x$ ($r^2 = 0,87$) | ^(ns) Não significativo | ^(**) Significativo (Tukey, $P < 0,01$).

7 IRRIGAÇÃO

O emprego da irrigação é essencial para a obtenção de altos rendimentos no cultivo de outono-inverno, porquanto as chuvas são escassas nessa época nas regiões Sudeste e Centro-Oeste. No entanto, em glebas infestadas com *S. Sclerotiorum*, os cuidados com a irrigação devem aumentar. Primeiramente, antes do início das irrigações deve-se avaliar a uniformidade de aplicação de água. Essa providência, além de proporcionar economia de água e energia, evita o excesso de água em partes da lavoura, onde provavelmente o mofo-branco teria melhores condições para progredir.

O manejo bem feito da irrigação é essencial para que não se aplique água além do que as plantas necessitam. Irrigações esparsas com lâminas de águas grandes são preferíveis a irrigações constantes com lâminas pequenas. As irrigações noturnas são preferíveis às irrigações diurnas para que a planta seque mais rapidamente. Em áreas mais baixas de

uma gleba irrigada por pivô central, onde há acúmulo de água, o equipamento de irrigação deve ser acelerado com o objetivo de aplicar menor lâmina de água em relação à parte mais alta. Em pivô central, é prática a aplicação do fungicida para o controle do mofo-branco junto com a água de irrigação. Em geral, os fungicidas atuam tanto no inóculo presente no solo (escleródios e/ou apotécios) quanto na proteção da parte aérea das plantas. Na aplicação tratorizada, no entanto, é menor a quantidade de escleródios produzidos pelas plantas de feijão maduras (Tabela 3).

Em áreas passíveis de inundação, uma estratégia para reduzir drasticamente o potencial de inóculo de *S. sclerotiorum* no solo pela inativação dos escleródios é semear o arroz submerso.

TABELA 3 – Efeitos de modos* de aplicação de fluazinam (0,5 L.ha⁻¹) aplicado aos 47 e aos 61 dias após a emergência, na intensidade de mofo-branco (*Sclerotinia sclerotinia*) e no rendimento da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris*), em Viçosa, MG, 1999.

Tratamentos(*)	Volume água (L.ha ⁻¹)	Incidência (%)	Severidade (**)	Número de escleródios/m ²	Rendimento (kg.ha ⁻¹)
Testemunha sem fungicida	-	97,3	2,35	600,2	2369
Fungicida no solo	35 000	88,1	1,85	152,0	2826
Quimigação	35 000	81,7	1,54	114,2	2968
Pulverização	667	83,9	1,08	65,5	2968

Fonte: VIEIRA et al. (2003).

Notas: (*) Os tratamentos “fungicida apenas no solo” e “quimigação” foram simulados com regador. Na quimigação, a aplicação foi feita sobre as plantas.

(**) Índice de Mckinney (%)=
$$\frac{\sum (\text{valor da nota} \times \text{n}^{\circ} \text{ de plantas com essa nota}) \times 100}{(\text{n}^{\circ} \text{ total de plantas} \times \text{valor máx. da escala de notas})}$$

8 ADUBAÇÃO NITROGENADA

O nitrogênio deve ser aplicado com critério em áreas com histórico de mofo-branco, ou seja, não deve ser aplicado em excesso e, de preferência, deve ser parcelado. Sugere-se que se use de 20 a 30 kg.ha⁻¹ de N na semeadura; depois, até duas semanas após a emergência, se aplique 2/3 do N pro-

gramado para a cobertura. No caso da aplicação tratorizada, o 1/3 restante deve ser aplicado antes do fechamento do vão entre as fileiras. No caso de aplicação por via do pivô central, a distribuição pode ser realizada um pouco mais tarde. Esta última aplicação de N pode ser dispensada nas cunhas sob o pivô com plantas de feijão mais viçosas ou mais sujeitas à doença.

9 ROTAÇÃO DE CULTURAS

O cultivo continuado de culturas suscetíveis ao mofo-branco, como feijão, ervilha, tomate, soja, na mesma gleba, ano após ano, provoca o aumento do inóculo (escleródios) do fungo no solo. Consequentemente, a intensidade da doença também aumenta com o passar dos anos. Fato preocupante é que os escleródios podem sobreviver por vários anos no solo na ausência de hospedeiro. Portanto, a rotação do feijão com cultura não hospedeira, como trigo, aveia, milheto ou milho-doce, não elimina o patógeno, mas pode reduzir o inóculo inicial, situação que permite ao agricultor a retomada da exploração econômica da cultura do feijão.

Como se dá a redução do inóculo desse fungo com a rotação do feijão com cereais no outono-inverno? Quando a cultura não hospedeira (cereais) é irrigada durante o período de outono-inverno, ocorre germinação dos escleródios da camada superficial do solo, que formam apotécios. Os ascósporos liberados por estes caem sobre hospedeiros não ideais e a infecção da planta não ocorre. Logo, haverá uma redução do número de escleródios no solo para a próxima safra, especialmente quando são usados alguns herbicidas que ajudam na redução do inóculo. É muito importante que haja ótimo controle de plantas daninhas, especialmente das dicotiledôneas, pois muitas delas são hospedeiras desse fungo.

10 PLANTIO DIRETO

A intensidade do mofo-branco é menor no plantio direto (PD) que no plantio convencional, ou seja, com aração e gradagens. O PD tem efeito desfavorável sobre o mofo-branco em curto e em longo prazo.

Em curto prazo, os efeitos advêm da palhada, que, para proporcionar máximo benefício, deve ter mais de 6 cm de espessura. Ela reduz a intensidade da doença ao impedir que a planta entre em contato com o solo contaminado ou que a estipe alcance a superfície e forme apotécio. É possível ainda que a palhada mantenha o teor de água e a temperatura da superfície do solo mais constante, e favoreça antagonistas do patógeno. Outro possível benefício da camada de palha é dificultar a dispersão dos ascósporos. O tipo de palhada também influencia o patógeno. Por exemplo, a palha de quinoa (*Chenopodium quinoa*) libera substâncias tóxicas que reduzem a viabilidade dos escleródios. As sucessivas arações e gradagens realizadas no sistema convencional têm mais poder de disseminação dos escleródios na gleba que o PD.

No PD, os escleródios que se desprendem das plantas durante a colheita ficam posicionados na camada superficial do solo. Em longo prazo, essa camada acumula relativamente mais matéria orgânica e nutrientes, o que estimula a proliferação de microrganismos antagonistas. Estes, auxiliados pelas grandes oscilações de umidade e temperatura, abreviam a viabilidade dos escleródios, que teriam vida mais longa se enterrados.

Assim, a soma dos efeitos deletérios de curto e de longo prazo do PD sobre o patógeno conduz a uma menor intensidade do mofo-branco nesse sistema em relação ao sistema convencional. Uma das pressuposições do PD é a rotação de culturas, que, no entanto, nem sempre é seguida pelos agricultores. Por conseguinte, mesmo com as particularidades desse sistema, que desfavorecem o mofo-branco, a intensidade da doença pode atingir níveis que inviabilizam a exploração econômica do feijão. Nesse caso, uma opção para retomar o investimento na leguminosa é realizar o enterramento dos escleródios a 20-30 cm de profundidade com arado de aiveca. Depois, nos cultivos seguintes, o PD deve ser adotado, pois os escleródios podem ficar viáveis por oito anos, ou mais, naquela profundidade.

A introdução de braquiárias no PD proporciona uma série de benefícios para o controle do mofo-branco e para a recuperação da qualidade do solo,

como discutido no capítulo 18. O crescimento profundo das raízes da forrageira favorece a infiltração de água e a atividade de microrganismos do solo, gerando um ambiente menos favorável à germinação de escleródios. Espécies de braquiária, como *Brachiaria brizantha* ou *Brachiaria ruziziensis*, cultivadas por dois anos ou mais, têm ação supressora e estimulam a proliferação de microrganismos antagônicos a *S. sclerotiorum* e a outros patógenos que habitam o solo, como *Fusarium* e *Rhizoctonia*. Além disso, a palhada de braquiária cobre o solo por mais tempo do que a de outras espécies de clima tropical, prejudicando a formação de apotécios e a ejeção de ascósporos. Ademais, quando a pastagem é dessecada, há um aporte de 10 a 12 t de matéria orgânica no solo, o que também contribui para a proliferação de microrganismos benéficos.

O plantio direto sobre palhada de braquiária tem outros benefícios sobre o sistema de produção, pois reduz os custos com irrigação e controle de plantas daninhas, além de aumentar a reciclagem de nutrientes. Essa prática tem sido adotada por muitos agricultores da região de cerrado com o advento do “Sistema Santa Fé”, em que a braquiária é cultivada em consórcio com milho, sem prejuízo para o cereal.

A queima dessa palhada sobre o solo é condenável, pois elimina a barreira física que se interpõe entre o hospedeiro e o patógeno e torna o microclima desfavorável ao desenvolvimento de antagonistas. Além disso, ela não causa danos aos escleródios enterrados na camada superficial do solo.

11 CONTROLE BIOLÓGICO

O controle biológico de *S. sclerotiorum* pode ser implementado de diferentes maneiras. No solo, objetiva a redução do inóculo inicial ao propiciar o parasitismo e a morte dos escleródios. Na parte aérea, por meio da aplicação de suspensões de esporos de agentes de controle biológico, pode contribuir para a redução da doença ao proporcionar

a inibição da germinação dos ascósporos ou a ocupação de sítios de infecção na planta.

Diversas estratégias são recomendadas para a aplicação de agentes de controle biológico de patógenos do solo, incluindo o tratamento de sementes, a aplicação diretamente no solo ou concentrada no sulco de semeadura e a aplicação sobre as plantas. O tratamento de sementes com agentes de controle biológico é o método mais amplamente difundido, por motivos econômicos e práticos, porquanto o feijão geralmente é cultivado em áreas extensas. Entretanto, para obter redução da população de escleródios no solo, a aplicação de suspensões contendo propágulos de antagonistas pode ser feita via barra de pulverização ou via água de irrigação, diretamente sobre o solo. Neste caso, o controle pode ser realizado na ausência do hospedeiro (antes da semeadura ou após a colheita), quando o inóculo de *S. sclerotiorum* no solo permanece “dormente” na camada superficial do solo. A aplicação de suspensões de antagonistas também pode ser feita na fase de germinação dos escleródios, pois, nessa época, o fungo está vulnerável ao ataque de microrganismos.

O uso simultâneo de agentes de controle biológico e de fungicidas permitiria a redução das doses destes e, conseqüentemente, a diminuição dos impactos negativos sobre o ambiente. Entretanto, são necessárias mais pesquisas para que essa estratégia possa ser recomendada na prática.

No solo, os microrganismos antagonísticos diminuem a viabilidade dos escleródios. O antagonista se associa aos escleródios de *S. sclerotiorum*, causando-lhe degradação ou impedindo-os de germinar. Mais de 30 espécies de fungos e bactérias são antagonistas ou parasitas desse patógeno. Substâncias antibióticas produzidas por certos organismos também podem controlar a germinação dos escleródios.

Embora estudos tenham demonstrado o potencial promissor do controle biológico do mofo-branco na cultura do feijão, ainda faltam estudos de eficiência agrônômica e o registro de produtos no MAPA para viabilizar seu uso em larga escala no campo. Entretanto, a demanda pelo uso

de isolados de *Trichoderma* no controle de *S. sclerotiorum* no Brasil tem aumentado significativamente.

As espécies de *Trichoderma* mais utilizadas como agentes de controle biológico são favorecidas por temperaturas mais elevadas, acima de 25°C, em solo úmido. Assim, a introdução desses agentes deve ser feita em ambiente adequado para a germinação dos conídios e desenvolvimento do antagonista. O uso de *Trichoderma* em épocas de temperaturas amenas pode ser pouco eficiente no controle do mofo-branco. Além disso, as aplicações com produtos à base de *Trichoderma* são mais eficientes quando feitas em solo com matéria orgânica ou palhada sobre o solo. É recomendável que as aplicações sejam feitas por volta dos 20 dias após a emergência das plantas de feijão, pois a sombra projetada pelo dossel protege os conídios do antagonista da desidratação causada por vento, calor e raios ultravioleta. No Brasil os seguintes produtos à base de *Trichoderma* estão disponíveis no comércio: Biotrich, Ecotrich e Trichodermil.

Entre os antagonistas estudados, o fungo *Coniothyrium minitans* também é promissor, mas ainda não existem estudos concretos acerca de sua utilização no controle do mofo-branco em condições brasileiras. Trata-se de um micoparasita altamente especializado em atacar *S. sclerotiorum*. O seu uso tanto em aplicações diretamente no solo como direcionadas sobre as plantas visam a reduzir o número de escleródios no solo. Esse fungo é resistente à decomposição por luz, porém é altamente sensível a altas temperaturas (acima de 30°C). Portanto, ele pode ser eficaz em condições nas quais espécies de *Trichoderma* não o são. A temperatura ótima para o seu desenvolvimento é de 20 a 22°C.

Em países de temperatura amena, tem-se obtido controle eficiente, com redução da incidência da doença, diminuição do número de escleródios no solo e aumento da produtividade. Nesses países, aplicações preventivas de *C. minitans*, antes da ocorrência da doença, é estratégia alternativa ao uso de fungicidas, especialmente em culturas com alta densidade de plantas. Aplicações de suspensões de *C. minitans* sobre os restos de cultura contaminados com *S. sclerotiorum* podem reduzir a

disseminação da doença; se, em seguida, esses restos forem incorporados ao solo, o antagonista pode contribuir para a destruição dos escleródios. O tratamento do solo com suspensão de *C. minitans* associado ao cultivo de culturas não hospedeiras pode reduzir o potencial de inóculo de *S. sclerotiorum* no solo. Alguns produtos comerciais com esse antagonista são utilizados no controle de *S. sclerotiorum* em vários países, mas ainda não são encontrados no Brasil. Maiores detalhes sobre o uso de controle biológico estão discutidos no capítulo 22.

12 CONTROLE QUÍMICO

O tratamento de sementes é técnica eficiente na redução do inóculo presente na semente do feijão. O quintozene (Tabela 4) é o único produto registrado para o tratamento de sementes dessa leguminosa, embora ótimos resultados tenham sido obtidos com fludioxonil, vinclozolin, iprodione e procimidone em outras culturas.

No caso da aplicação de fungicida na lavoura, o conhecimento da importância das flores das plantas de feijão na epidemia do mofo-branco é a chave para o controle da doença. A primeira pulverização deve ser feita quando 70-80% das plantas apresenta a primeira flor aberta. Se as condições continuarem a ser favoráveis à doença, o fungicida deve ser novamente aplicado dez dias depois. O atraso tanto da primeira quanto da segunda aplicação pode prejudicar o controle da doença e trazer prejuízo ao agricultor. O fungicida pode ser aplicado com pulverizador de barra tratorizado, de preferência com pulverizador com ar assistido, ou via água de irrigação (quimigação) de pivô central. No primeiro caso, é recomendável empregar mais de 500 L.ha⁻¹ de água ou mais; na quimigação, entre 3 e 6 mm de água. A aplicação com avião pode não proporcionar resultados satisfatórios, em razão da pequena quantidade de água empregada.

Os fungicidas fluazinam, vinclozolin e procimidone são eficientes no controle do mofo-branco. Outros fungicidas registrados para o controle

dessa doença na cultura do feijão são listados na Tabela 4. Em estudos conduzidos durante dez anos em Viçosa, MG, em área uniformemente infestada com escleródios, o controle do mofo-branco com duas aplicações de fluazinam proporcionou aumentos de produtividade entre 3,1% e 118,6%, com média de 35,6%. (Tabela 5). O tiofanato metílico, cujo preço é relativamente baixo e pelo fato de proporcionar bom controle de outras doenças, é boa opção em caso de o inóculo ser pouco, de o clima não ser muito favorável ao fungo, ou ambos. No entanto, isolados do fungo podem ter resistência a esse fungicida. Como essa resistência do fungo pode manifestar-se também com outros fungicidas, a rotação entre diferentes ingredientes ativos deve ser implementada em áreas onde o controle químico é empregado periodicamente.

Algumas medidas simples podem contribuir para evitar a disseminação da doença na área de cultivo ou mesmo para reduzir a intensidade da doença, tornando possível conviver com o mofo-branco sem que haja comprometimento da produção agrícola, mesmo em áreas infestadas.

Em áreas onde a doença ainda não ocorre de forma endêmica e em campos de produção de sementes, deve ser feito o *roguing*, eliminando-se plantas com sintomas iniciais da doença durante todo o ciclo de vida do feijão, especialmente antes da formação dos escleródios.

TABELA 4 – Fungicidas registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento para o controle do mofo-branco (*Sclerotinia sclerotiorum*) da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris*).

(continua)

Nome técnico	Nome comercial	Dose	Carência (dias)	Classe toxicológica(*)
Fluazinam	Frowncide 500 SC	1-1,5 L.ha-1	28	II
Iprodione	Rovral SC	1,5 L.ha-1	15	IV
mancozeb + tiofanato metílico	Dithiobin 780 WP	2-2,5 kg.ha-1	14	II
Procimidone	Sialex 500 Sumilex 500 PM	1-1,5 kg.ha-1	14	II

(conclusão)

Nome técnico	Nome comercial	Dose	Carência (dias)	Classe toxicológica(*)
Quintozene (tratamento de sementes)	Plantacol	300 g.100 kg-1 de sementes	-	III
Tiofanato metílico	Cercobin 700 PM Metiltiofan Tiofanato Sanachen 500 SC	70 g, 90 g, 100 mL.100 L-1 de água	14	IV
Tiofanato metílico + chlorotalonil	Cerconil PM	1,5-2 kg.ha-1	14	II
Vinclozolin	Ronilan	1 kg.ha-1	15	III

Nota: (*) I - Extremamente tóxico; II - Altamente tóxico; III - Medianamente tóxico; IV - Pouco tóxico.

Tabela 5 – Severidade e incidência de mofo-branco (*Sclerotinia sclerotiorum*) e produtividade da cultura de feijão (*Phaseolus vulgaris*) irrigado em gleba uniformemente infestada com escleródios de *Sclerotinia sclerotiorum*, com e sem aplicação do fungicida fluazinam. Viçosa, MG..

Ano	Severidade(*)		Incidência (%)		Produtividade (kg.ha ⁻¹)		Aumento de produtividade com fungicida (%)
	Com fungicida	Sem fungicida	Com fungicida	Sem fungicida	Com fungicida	Sem fungicida	
1997	53,7	67,5	19,7	35,4	2054	1406	46,1
1998	15,0	41,5	27,8	51,9	2517	2157	16,7
1999	27,0	58,7	83,9	97,3	2968	2369	25,3
2000	55,7	83,7	86,3	98,9	2273	1040	118,6
2001	34,5	45,7	76,2	79,5	2873	2211	29,9
2002	16,5	45,7	26,8	59,7	2834	2193	29,2
2003	15,2	30,0	40,9	55,1	2192	2126	3,1
2004	48,6	65,0	92,6	97,0	1744	1113	56,7
2005	10,7	52,7	22,2	79,3	2906	1984	46,5
2006	11,7	44,0	38,4	79,6	2253	1553	45,1
Média	28,9	53,4	51,5	73,4	2461,4	1815,2	35,6

Nota: (*) Índice de McKinney (%) =
$$\frac{\sum (\text{valor da nota} \times \text{n}^\circ \text{ de plantas com essa nota}) \times 100}{(\text{n}^\circ \text{ total de plantas} \times \text{valor máx. da escala de notas})}$$

13 OUTRAS MEDIDAS

As plantas daninhas devem ser controladas para proporcionar boa insolação e ventilação entre as fileiras de feijão e facilitar o *roguing*; ademais, a eliminação delas reduz possíveis hospedeiros de *S. sclerotiorum*. Herbicidas podem ajudar no controle do mofo-branco por induzirem a planta a produzir mais fitoalexinas (composto antimicrobiano); pela estimulação da germinação de escleródios (desejável em rotação com cultura não hospedeira); pela inibição da germinação dos escleródios, do micélio; pela formação de apotécios anormais; e pela não produção de ascósporos. O lactofen é um dos herbicidas mais estudados, especialmente na cultura da soja. Ele reduz a severidade da doença em condições favoráveis ao fungo, mas não tem efeito quando a intensidade do mofo-branco é pequena. Outros herbicidas que têm efeito comprovado em campo contra *S. sclerotiorum* são: acifluorfen, atrazine, dinoseb, diuron, linuron, metribuzin, pendimethalin, simazine e trifluralin. Estes quatro últimos são os que têm efeito estimulante na germinação dos escleródios.

A solarização é medida eficiente para reduzir o potencial de inóculo do fungo no solo em lavouras pequenas, embora não constitua medida prática em áreas extensas.

Deve-se evitar o trânsito de máquinas e implementos provenientes de locais contaminados com escleródios do patógeno; é importante cuidar para que sejam limpos e desinfestados antes de serem levados para áreas isentas da doença.

14 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na Tabela 6 são resumidos os métodos de controle do mofo-branco da cultura do feijão que podem ser empregados em diferentes fases do empreendimento agrícola.

15 AGRADECIMENTOS

Trazilbo José de Paula Júnior e Rogério Faria Vieira são bolsistas do CNPq. Pesquisas sobre o controle do mofo-branco do feijoeiro em Minas Gerais têm sido financiadas por FAPEMIG, Embrapa, CNPq e International Foundation for Science (IFS).

TABELA 6 – Métodos de controle do mofo-branco (*Sclerotinia sclerotiorum*) da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris*) em diferentes fases do empreendimento agrícola.

(continua)

Fases/ Práticas	Métodos/Objetivos	Efeito principal
Projeto	Instalar a lavoura longe de lavouras vizinhas	Evitar que os ascósporos levados pelo vento atinjam a lavoura
Projeto	Evitar a proximidade entre uma lavoura nova e áreas infestadas; isolá-las com faixas de mata	Evitar que os ascósporos levados pelo vento atinjam a lavoura
Projeto	Escolher encostas ensolaradas e bem drenadas	Reduzir umidade pelo aumento da insolação
Projeto	Formar cobertura morta com 6 cm ou mais sobre o solo	Criar barreira física à disseminação de ascósporos; favorecer os antagonistas no solo
Projeto	Fazer a rotação com gramíneas	Reduzir inóculo
Projeto	Adquirir sementes saudáveis	Excluir inóculo (sementes infectadas e escleródios aderidos a elas)
Projeto	Em esquemas de rotação, usar semente sadia de outras culturas que podem introduzir o patógeno	Excluir inóculo
Projeto	Utilizar cultivares de porte ereto e compacto	Melhorar arejamento e insolação entre fileiras e plantas
Época de plantio	Evitar o cultivo durante o outono-inverno	Evitar época com temperaturas mais favoráveis ao fungo
Preparo do solo	Lavar rodas de máquinas e de implementos agrícolas que operaram em outra gleba	Evitar entrada do patógeno na área
Preparo do solo	Efetuar a subsolagem de solo compactado	Reduzir teor de água superficial do solo
Plantio	Fazer o plantio paralelo à direção do caminamento do sol e/ou à direção dos ventos	Reduzir umidade e propiciar arejamento das plantas

(conclusão)

Fases/ Práticas	Métodos/Objetivos	Efeito principal
Plantio	Alternar culturas entre lavouras adjacentes	Evitar que os ascósporos levados pelo vento atinjam a lavoura
Plantio	Tratar sementes com fungicidas	Minimizar a entrada do patógeno na área
Plantio	Usar maior espaçamento entre as fileiras e entre as plantas	Reduzir umidade e propiciar arejamento das plantas
Plantio	Empregar o plantio direto	Criar barreira física à disseminação de ascósporos; favorecer os antagonistas no solo
Irrigação	Fazer o manejo adequado da irrigação: aplicar água uniformemente e com regas menos frequentes	Reduzir teor de água na superfície do solo e das plantas
Irrigação	Realizar durante a noite	Minimizar o tempo de molhamento da planta
Irrigação	Acelerar o pivô nas partes mais baixas da gleba	Evitar encharcamento
Adubação	Evitar adubação nitrogenada em excesso	Evitar crescimento abundante e contato da folhagem e das vagens com o solo (menor intensidade da doença)
Roguing	Eliminar plantas com sintomas iniciais, antes da formação de escleródios	Reduzir a intensidade da doença e o inóculo
Controle de plantas daninhas	Fazer bom controle, especialmente de dicotiledôneas	Reduzir umidade e propiciar arejamento das plantas; reduzir inóculo
Controle químico	Aplicar fungicidas	Reduzir a intensidade da doença
Controle biológico	Aplicar antagonistas	Reduzir a intensidade da doença; reduzir o potencial de inóculo
Colheita	Colher por último o feijão produzido nas partes contaminadas do campo	Reduzir a contaminação das sementes e a disseminação do patógeno pelas máquinas e implementos
Beneficiamento	Efetuar a limpeza das sementes e a eliminação daquelas fora do padrão; usar a mesa gravitacional	Evitar a entrada do patógeno na área

16 REFERÊNCIAS

- COSTA, G. R.; COSTA, J. L. Efeito da aplicação de fungicidas no solo sobre a germinação carpogênica e miceliogênica de escleródios de *Sclerotinia sclerotiorum*. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 34, p. 133-138, 2004.
- GERLAGH, M. et al. Long-term biosanitation by application of *Coniothyrium minitans* on *Sclerotinia sclerotiorum*-infected crops. **Phytopathology**, St. Paul, v. 89, p. 141-147, 1999.
- KLEIN, D.; EVERLEIGH, D. E. Ecology of *Trichoderma*. In: KUBICEK, C. P.; HARMAN, G. E. (Eds.). ***Trichoderma & Gliocladium***: enzymes, biological control and commercial applications. London: Taylor & Francis, 1998.
- OLIVEIRA, S. H. F.; KIMATI, H.; TOFOLI, J. G. Ação diferencial de fungicidas no ciclo de vida de *Sclerotinia sclerotiorum* do feijoeiro. **Summa Phytopathologica**, Jaboticabal, v. 25, p. 256-261, 1999.
- PAULA JUNIOR, T. J.; VIEIRA, R. F.; ZAMBOLIM, L. Manejo integrado de doenças do feijoeiro em plantio direto. In: ZAMBOLIM, L.; SILVA, A. A.; AGNES, E. L. **Manejo integrado**: integração agricultura-pecuária. Viçosa: UFV, 2004.
- PAULA JUNIOR, T. J.; VIEIRA, R. F.; ZAMBOLIM, L. Manejo integrado de doenças do feijoeiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 25, n. 223, p. 99-112, 2005.
- SCHWARTZ, H. F.; STEADMAN, J. R. Moho blanco. In: PASTOR-CORRALES, M. A.; SCHWARTZ, H. F. (Eds.). **Problemas de producción del frijol en los trópicos**. 2. ed. Cali, Colômbia: CIAT, 1994.
- STEADMAN, J. R. Control of plant diseases caused by *Sclerotinia sclerotiorum*. **Phytopathology**, St. Paul, v. 69, p. 904-907, 1979.
- SU, P.; YANG, X. B. Light, temperature, and moisture effects on apothecium production of *Sclerotinia sclerotiorum*. **Plant Disease**, St. Paul, v. 84, p. 1287-1293, 2000.
- TU, J. C. An integrated control of white mold (*Sclerotinia sclerotiorum*) of beans, with emphasis on recent aduanes in biological control. **Bot. Bull. Acad. Sin.**, Taipei, v. 38, p. 73-76, 1997.

VIEIRA, R. F. et al. Fungicidas aplicados via água de irrigação no controle do mofo-branco no feijoeiro e incidência do patógeno na semente. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 26, p. 770-773, 2001.

VIEIRA, R. F.; PAULA JUNIOR, T. J. Semente: veículo de disseminação de patógenos. In: VIEIRA, C.; PAULA JUNIOR, T. J.; BORÉM, A. (Eds.). **Feijão**. Viçosa: UFV, 2006.

VIEIRA, R. F.; PINTO, C. M. F.; PAULA JUNIOR, T. J. Chemigation with benomyl and fluazinam and their fungicidal effects in soil for white mold control on dry beans **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, n. 28, p. 245-250, 2003.

VIEIRA, R. F.; PINTO, C. M. F.; PAULA JUNIOR, T. J. Fungicide, row widths and plant densities affecting white mold intensity. **Ann. Rep. Bean Improv. Coop.**, East Lansing, v. 48, p. 128-129, 2005.

Manejo de Podridões-Radiculares e Murcha-de-Fusarium

Olavo Corrêa da Silva

Eliana Cuéllar Fernandes

Maristella Dalla Pria

1 INTRODUÇÃO

A cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é caracterizada pela instabilidade produtiva devido à ação dos agentes de ambiente, seja de natureza abiótica, como o clima, ou de natureza biótica, como os organismos vivos. Nos últimos anos, a expansão da área cultivada com feijão no Brasil em conjunto com seu cultivo sucessivo, aparecimento de novas doenças, compactação do solo, desequilíbrio nutricional, salinização do solo, entre outros fatores, têm promovido uma redução gradual na produtividade da cultura. Ao mesmo tempo, inovações tecnológicas como irrigação e plantio direto têm sido incorporadas ao processo produtivo e novos desafios têm surgido, especialmente em relação às doenças causadas por patógenos de solo.

Os patógenos de solo geralmente não causam epidemia, mas os prejuízos a médio e a longo prazo podem ser maiores que os causados por patógenos que atacam a parte aérea da cultura. Muitas vezes, esses patógenos interagem entre si e com nematóides, o que dificulta o diagnóstico das doenças e seu controle. Os patógenos de solo mais comumente isolados são *Fusarium solani* (Mart.) Sacc. f. sp. *phaseoli* (Burkholder)

(podridão-radicular-seca), *Rhizoctonia solani* Kühn (RS) (podridão-radicular) e *Fusarium oxysporum* (Schlecht.) f. sp. *phaseoli* Kendrick & Snyder (murcha-de-fusarium).

Esses patógenos são habitantes do solo introduzidos em novas áreas principalmente por meio de sementes infestadas, resíduos de cultura infectados ou por implementos agrícolas contaminados. Após a sua introdução em uma área de cultivo a erradicação se torna inviável uma vez que estes fungos possuem estruturas especializadas em sobrevivência, como clamidósporos e microescleródios. As perdas de produtividade são muito variáveis, podendo afetar apenas algumas plantas ou até 80% da lavoura. Sendo assim, para seu manejo é necessário o emprego de vários métodos de controle.

2 SEMEADURA X PATÓGENOS DE SOLO

2.1 UMIDADE DO SOLO

Solos com umidade acima da capacidade de campo, na fase inicial da cultura até 30 dias após a semeadura, proporcionam condições ideais para a ocorrência de podridões-radiculares. O excesso de umidade pode ser proporcionado por solos compactados ou mais densos, ou até mesmo por espelhamento causado por semeaduras realizadas em condições de excesso de umidade. A redução do nível de oxigênio no solo e o aumento do período do solo saturado são condições ideais para a infecção de patógenos de solo. Os agentes causais das podridões-radiculares podem favorecer a infecção de *F. oxysporum* f. sp. *phaseoli* (murcha-de-fusarium) devido aos ferimentos que ocasionam nas raízes das plantas.

Períodos de estiagem na fase reprodutiva da cultura agravam a intensidade da murcha-de-fusarium e das podridões-radiculares, pois tanto o sistema vascular como o radicular são comprometidos pelo ataque destes patógenos.

Para o manejo da umidade do solo algumas medidas podem ser adotadas, tais como:

- » Eliminação de camadas compactadas por meio biológico como a rotação de culturas como o nabo forrageiro ou crotalárias, ou intervenções mecânicas pelo uso de sulcadores;
- » Restabelecer a capacidade de drenagem do solo através da sua reestruturação. O aumento do teor de matéria orgânica está diretamente ligado à estrutura do solo. O cultivado com plantas de sistema radicular fasciculado, como as gramíneas (azevém, aveia, braquiárias) auxilia na reconstrução da estrutura original do solo;
- » Evitar espelhamento por semeadoras respeitando a umidade ideal do solo no momento da semeadura.

2.2 ADUBAÇÃO

O potássio (K) é exigido pela cultura do feijão em quantidades elevadas, menores apenas que as de nitrogênio (N). Além disso, quase a totalidade do K é absorvida pela cultura entre 25 e 35 dias e entre 45 e 55 dias da emergência. A resposta aos fertilizantes potássicos é pouco frequente no Brasil ou de pequena magnitude. Atualmente, com a utilização mais intensa do solo e o consequente esgotamento em K, a adubação potássica tem crescido em importância. O elevado índice salino do adubo tem efeito prejudicial para a cultura do feijão, afetando o seu estande ou causando injúrias no sistema radicular. Estas injúrias podem favorecer o aumento da intensidade de patógenos de solo, servindo como porta de entrada para os mesmos.

O pH afeta o desenvolvimento de alguns patógenos de solo. A elevação do pH favorece o desenvolvimento de *R. solani*, um dos agentes causais das podridões-radiculares na cultura do feijão.

O pH da rizosfera tem efeito na ocorrência de patógenos de solo. Adubos como sulfato de amônio, que acidificam o solo, podem reduzir o nível de *Fusarium* sp. O uso do nitrogênio na forma nítrica contribui mais para o aumento da murcha-de-fusarium e podridões-radiculares, em comparação com a fonte amoniacal, pois aumenta o pH da rizosfera.

Para o manejo da adubação algumas medidas podem ser tomadas:

- » Aplicação do adubo, principalmente fonte de potássio, distante 5 a 7 cm da semente, para reduzir o efeito salino.
- » Limitar a adubação de potássio na linha de semeadura, entre 20 a 30 Kg de k_2O /ha.
- » Preferencialmente, usar o potássio em cobertura evitando a assim o efeito salino do adubo, tanto para a semente como para o sistema radicular da planta.
- » Utilizar adubos nitrogenados principalmente na forma amoniacal.

2.3 SISTEMA SULCADOR

O uso do facão na semeadura quebra as camadas superficiais compactadas do solo, auxiliando na sua drenagem e permitindo melhor escoamento da água do solo próxima à semente (Figura 1).

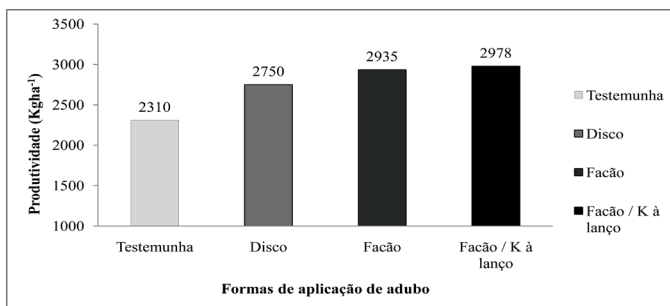


FIGURA 1 – Produtividade do feijão (*Phaseolus vulgaris*) em função da forma de aplicação de adubo. Média de quatro anos (safras 2001 a 2004).

Fonte: PAULETTI (2004).

2.4 PROFUNDIDADE DE SEMEADURA

Semeaduras mais profundas retardam a emergência das plântulas devido à diminuição da temperatura e níveis de oxigênio. Essas condições ambientais favorecem o desenvolvimento de patógenos.

A demora na emergência das plântulas ocasiona o alongamento do hipocótilo, que é um dos tecidos mais suscetíveis ao ataque dos fungos de solo. Isso pode ocasionar aumento do nível de infecção, o que pode levar à diminuição do estande e, conseqüentemente, da produtividade (Figura 2).

Uma prática que é eficiente na redução da incidência de patógenos em plantas é a regulação da profundidade de sementeira, que visa a proporcionar a rápida emergência das plântulas, a diminuição do comprimento do hipocótilo e o efetivo estabelecimento da cultura.

Para minimizar o efeito de murcha-de-fusarium e podridões-radiculares, recomenda-se a deposição das sementes em sulcos rasos (3 a 5 cm) e a uniformidade da profundidade de sementeira.

3 PREPARO DO SOLO

As técnicas de preparo do solo têm por objetivo criar condições propícias para a germinação das sementes e para o desenvolvimento das plantas, representadas pela aeração, umidade e temperatura satisfatórias e pela eliminação de impedimentos de natureza física e química, assim como pelo auxílio no controle de plantas daninhas.

Solos contaminados com *R. solani* e espécies de *Fusarium* representam um elevado risco de danos na produtividade. Como esses fungos têm uma capacidade de sobrevivência por longos períodos, na ausência de plantas hospedeiras surge a importância do método adequado de preparo do solo para o manejo desses organismos.

O preparo do solo pode constituir em método para reduzir o número de propágulos de *R. solani* e espécies de *Fusarium*. O revolvimento proporcionado pelo uso do arado de aiveca reduziu drasticamente os propágulos desses fungos além da atividade microbiológica (Figura 3), enquanto o escarificador, embora também tenha mostrado redução de propágulos em relação ao plantio direto, teve resultados inferiores ao do arado de aiveca. No entanto, a atividade biológica do solo é maior no sistema de plantio direto, visto que o não revolvimento do solo favorece o aumento da sua supressividade. Os patógenos de solo tendem a ser suprimidos com o aumento da atividade biológica ou com o desenvolvimento de organismos antagônicos, e a interrupção do sistema de semeadura direta por técnicas de preparo do solo diminui a atividade biológica do mesmo, tornando-o dependente de preparos contínuos nas safras posteriores.

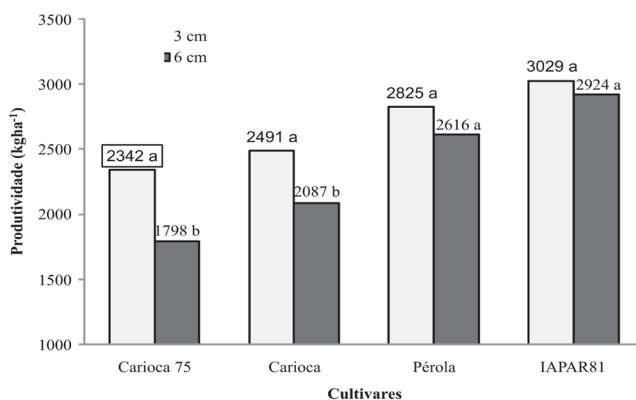


FIGURA 2 – Efeito da profundidade de semeadura e de diferentes cultivares na produtividade da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris*). Safra 2000/01, Ponta Grossa, PR, Fundação ABC (2001).

Os efeitos do preparo do solo na atividade biológica se refletem na produtividade de grãos. A diminuição da população de fungos proporcionada pelo arado de aiveca (Figura 3) se refletiu em maior produtividade no primeiro ano após o preparo (Figura 4), mas nos demais anos a produtividade caiu e/ou não foi afetada pelo preparo do solo. Essa alternância da produtividade é resultado da modificação da atividade biológica

do solo e mostra as vantagens tanto do plantio direto como do uso do arado de aiveca.

A combinação da rotação de culturas com o sistema de plantio direto (Figura 5) diminui danos na produtividade causados pelos fungos habitantes do solo. Para o manejo de podridões-radiculares e murcha-de-fusarium o sistema de plantio direto em conjunto com a rotação de culturas pode conferir estabilidade da produção pelo desenvolvimento da supressividade do solo.

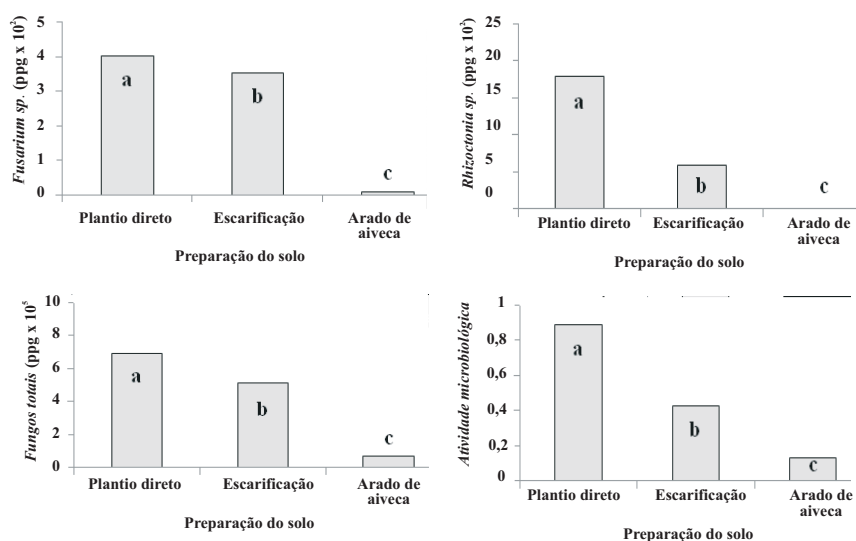


FIGURA 3 – Efeito do preparo do solo na população de fungos no solo e atividade microbiológica na cultura de feijão (*Phaseolus vulgaris*). Safra 2000/01, Ponta Grossa, PR.

Fonte: COSTA; SILVA (2000).

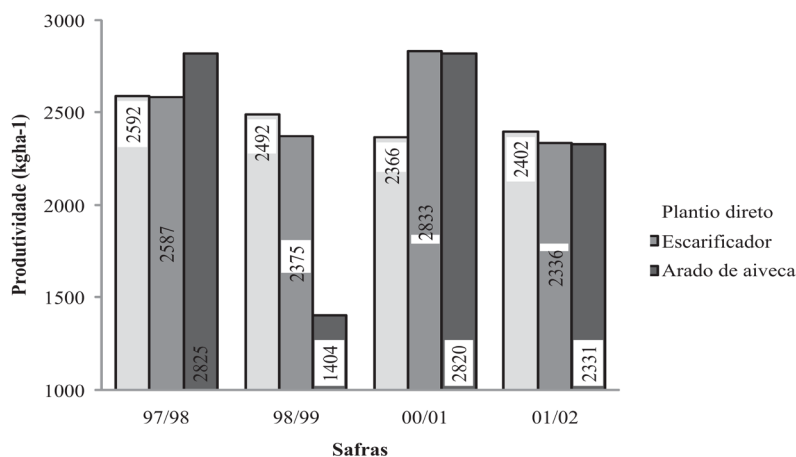


FIGURA 4 – Efeito de técnicas de preparo do solo, realizados no inverno 1997 e 2000, na produtividade de feijão (*Phaseolus vulgaris*). Safra 2000/01, Ponta Grossa, PR.

Fonte: SILVA; GALLO, (2001).

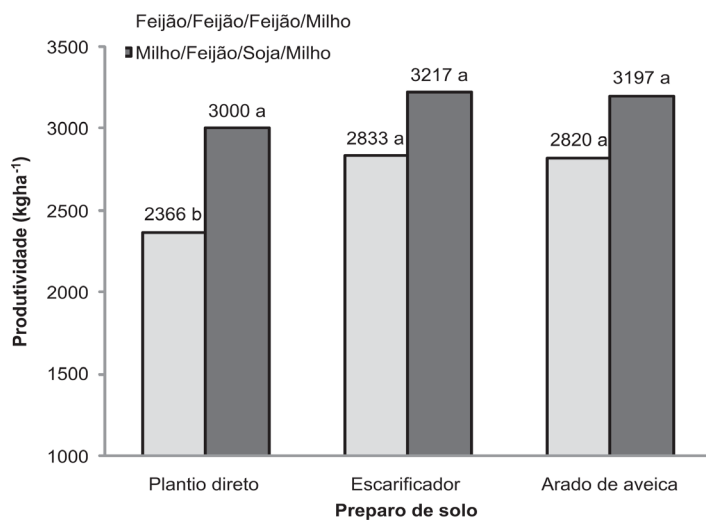


FIGURA 5 – Produtividade de feijão (*Phaseolus vulgaris*) em função de sistemas de rotação de culturas e de preparo do solo. Safra 2000/01, Ponta Grossa, PR. Fonte: SILVA; GALLO, (2001).

4 AGENTES BIOLÓGICOS

A atual busca dos consumidores por produtos sem resíduos de agrotóxicos afeta as técnicas empregadas no manejo integrado, enfatizando a utilização de práticas culturais e do controle biológico, reduzindo ou suprimindo o uso de agrotóxicos.

Os métodos biológicos de controle de doenças são baseados na multiplicação e emprego de microorganismos antagonistas de ampla adaptabilidade. A redução da doença causada por *Rhizoctonia* spp. em alguns solos pode estar diretamente relacionada aos níveis das populações de antagonistas, que suprimem o crescimento micelial, paralisam e lisam as hifas e/ou matam os escleródios. Um agente de biocontrole pode reduzir a incidência de uma doença por um curto período, sem, no entanto, favorecer uma supressão duradoura. A combinação de antagonistas, cada um deles inibindo o patógeno durante diferentes fases do seu ciclo de vida seria o ideal. Entre os antagonistas mais relatados na literatura estão alguns gêneros de bactérias (*Azotobacter*, *Streptomyces*, *Mixobacteria*, *Pseudomonas* e *Bacillus*) e de fungos (*Acremonium*, *Aspergillus*, *Pseudocercospora*, *Pythium*, *Trichoderma*, *Fusarium*, *Gliocadium*, *Laetisaria*, *Penicillium*, *Verticillium* e *Rhizoctonia*), sendo que alguns antagonistas já estão sendo comercializados.

Para *R. Solani*, existem algumas estratégias de manejo e fatores que contribuem para seu controle biológico, como a adição de matéria orgânica no solo, o pH, o micoparasitismo e a adição de antagonistas.

A incorporação de matéria orgânica ao solo estimula a atividade microbiana competitiva, populações de microorganismos do solo, particularmente actinomicetos, antagonistas a *R. solani* que aumentam em resposta à incorporação de matéria orgânica.

Nos solos supressivos, o desenvolvimento de patógenos é suprimido, mesmo se este for introduzido na presença do hospedeiro suscetível. No caso de *R. solani*, em solos supressivos o patógeno não se estabelece

(solos “supressivos ao patógeno”), ou se estabelece e causa doença por um determinado período, ocorrendo um declínio com o tempo. Nesse caso, a supressividade pode ser biologicamente induzida pela monocultura. Outros fatores também afetam a supressividade a *R. solani*, como a população de *Trichoderma* no solo, microbiota do solo, tipo de solo, pH e umidade. A supressividade natural a *R. solani* ocorre em alguns solos sob vegetação de cerrado, existindo correlação da supressividade com o caráter álico, associado à textura argilosa dos solos.

No micoparasitismo ocorre a interação direta de um fungo (micoparasita) com outro (hospedeiro). No caso de *R. solani* e *F. Solani*, que causam tombamento de plântulas, a invasão do parasita ocorre pelo enrolamento de hifas ao redor das células hospedeiras, através da penetração direta da hifa, ou ainda através de estruturas de sobrevivência, resultando em sua rápida destruição. A morte do hospedeiro pode ser induzida por toxinas produzidas pelo micoparasita.

O *Trichoderma harzianum* é um micoparasita necrotrófico que atua no controle biológico de *R. solani* por meio de parasitismo, antibiose e competição, isolados ou em associação. O *Trichoderma* se desenvolve nas paredes das células de *R. Solani*, utilizando-as como única fonte de carbono – as paredes celulares de *R. solani* são compostas principalmente por β -1,3-glucana e quitina.

No controle integrado, a utilização de agentes de biocontrole associados com fungicidas pode ser uma alternativa prática. O agente de biocontrole deve ser tolerante ao fungicida e colonizar o solo mais rapidamente que os patógenos, após o tratamento químico. O *Trichoderma* spp., por exemplo, não é inibido por alguns fungicidas comumente usados na agricultura, permitindo a combinação destes com o fungo.

Na região de Castro, PR, durante a safra 2005/06, a Fundação ABC realizou pesquisa com o uso de *Trichoderma* spp. via tratamento de semente em duas culturas anteriores ao feijão, milheto e aveia preta. O uso

do *Trichoderma* spp. não promoveu diferença significativa no número de plantas por metro quadrado (Figura 6), mas o uso do *Trichoderma* spp. nas culturas anteriores ao feijão em sistema de rotação de cultivos reduziu a severidade de murcha-de-fusarium na cultivar Carioca (Figura 7). O *Trichoderma* spp. é um micoparasita necrotrófico eficaz no controle de inúmeros fungos fitopatogênicos, mesmo naqueles com estruturas de resistência consideradas difíceis de serem atacadas por microorganismos. Dentre eles, *T. harzianum* tem sido a espécie mais estudada.

Para as podridões radiculares causadas pelos fungos *F. solani* f. sp. *phaseoli* e *R. solani*, o uso do *Trichoderma* spp. não reduziu a severidade dessas doenças (Figura 8).

A combinação de agentes de biocontrole também pode ser usada como uma forma de aumentar o nível de controle. Para reduzir a severidade da podridão radicular causada por *F. solani* f. sp. *phaseoli*, o uso de outro agente de biocontrole, como o *Bacillus subtilis*, pode ser utilizado. Uma formulação de células de *B. subtilis* (OG) com um polímero natural (pectina) tem sido desenvolvida e se mostrado eficiente no controle de *F. solani*, promovendo o crescimento de plantas e a produtividade de grãos.

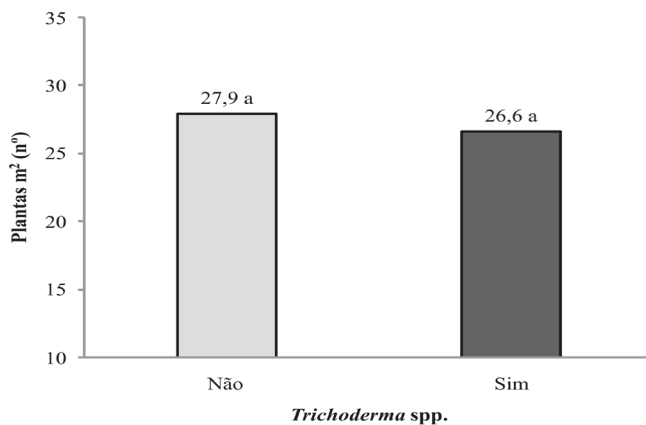


FIGURA 6 – População de plantas de feijão (*Phaseolus vulgaris*), média das cultivares Carioca e Juri-ti, após a aplicação de *Trichoderma* spp. via tratamento de sementes. Safra 2005/06, Castro, PR.

Fonte: SILVA; GALLO (2006).

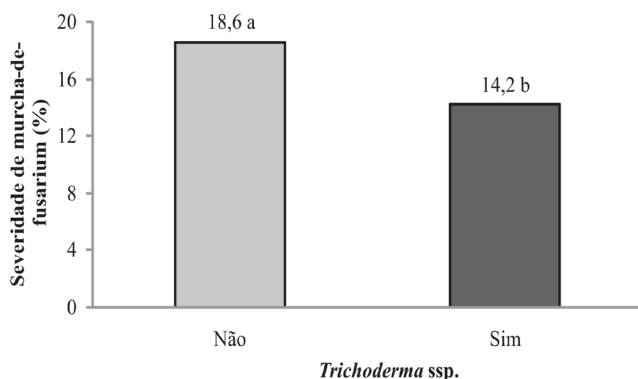


FIGURA 7 – Severidade de murcha-de-fusarium (*Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*) da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris*), cultivar Carioca após a aplicação de *Trichoderma* spp. via tratamento de sementes. Safra 2005/06, Castro, PR.

Fonte: SILVA; GALLO (2006).

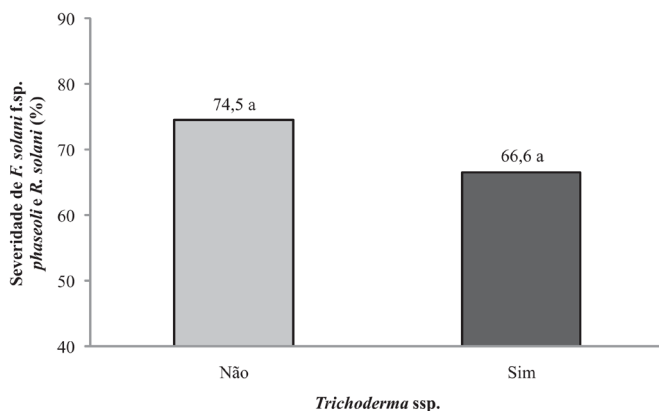


FIGURA 8 – Severidade de podridões-radiculares (*Fusarium solani* f. sp. *phaseoli* e *Rhizoctonia solani*) na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris*), cultivar Carioca + Juriti após a aplicação de *Trichoderma* spp. via tratamento de sementes. Safra 2005/06, Castro, PR.

Fonte: SILVA; GALLO (2006).

Para a cultivar Carioca, suscetível à murcha-de-fusarium e a podridões-radiculares, o uso do *Trichoderma* spp. via tratamento de sementes nas culturas anteriores promoveu diferença significativa com relação à produtividade. Nessa cultivar, o uso do agente de biocontrole promoveu um aumento de aproximadamente 200 kg.ha⁻¹, provavelmente devido à

redução da severidade de murcha-de-fusarium. Porém, para a cultivar Juriti, resistente à murcha-de-fusarium e tolerante às podridões-radiculares, não houve resposta no uso do *Trichoderma* spp., o que demonstra a variação da eficiência do micoparasita em função da cultivar de feijão utilizada (Figura 9).

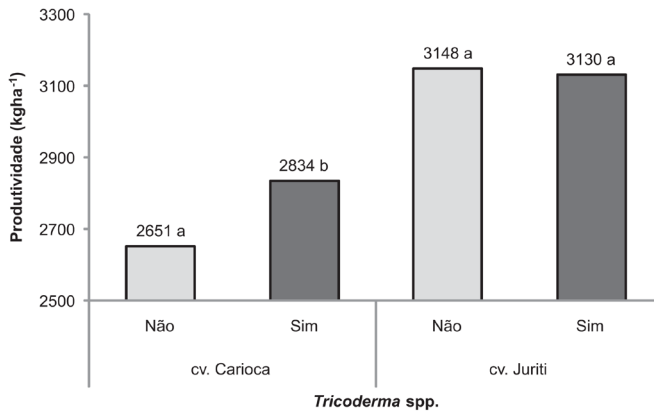


FIGURA 9 – Uso do *Trichoderma* spp. via tratamento de sementes no manejo de podridões-radiculares (*Fusarium solani* f. sp. *phaseoli* e *Rhizoctonia solani*), e murcha-de-fusarium (*Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*) da cultura do feijão sobre a produtividade, safra 2005/06, Castro, PR. Fonte: SILVA et al. (2006).

5 ROTAÇÃO DE CULTURAS

A rotação de culturas interfere na sobrevivência do patógeno, especialmente nos necrotróficos, que possuem acentuada capacidade de sobrevivência em restos culturais, os quais têm sua população afetada pela rotação de culturas. Entretanto, a utilização desta prática como método de controle pode ser limitada por algumas características dos patógenos habitantes do solo. *Rhizoctonia solani*, por exemplo, apresenta grande habilidade de competição saprofítica; espécies de *Fusarium* produzem estruturas de sobrevivência; e muitos desses patógenos possuem ampla gama de hospedeiros. Mesmo nesses casos, a rotação de culturas, especialmente com gramíneas, é estratégia recomendada. Sistemas de rotação baseados nas culturas de milho, trigo, arroz, aveia,

centeio, pastagens e adubação verde com distintas espécies de *Brachiaria* vêm apresentando os melhores resultados.

Para patógenos habitantes do solo, os quais geralmente produzem estruturas de sobrevivência, o período em que o feijão não é incluído na rotação deve ser de pelo menos quatro anos. No entanto, a eliminação completa do inóculo do patógeno é, geralmente, impossível. Para esses patógenos, suas estruturas de resistência permanecem nas camadas superficiais do solo, principalmente nos primeiros 10 cm do perfil, devido à sua forte dependência de oxigênio.

6 RESISTÊNCIA GENÉTICA

A partir da germinação, a cultura do feijão é suscetível aos patógenos causadores da murcha-de-fusarium e das podridões-radiculares. Essa suscetibilidade é inversamente proporcional ao desenvolvimento da planta, que se torna mais resistente à medida que os tecidos começam a se lignificar e as paredes celulares vão engrossando pela deposição de pectatos de cálcio. Os locais de infecção de *R. solani* são comumente cicatrizados nesse estágio através da produção de células da periderme, formando lesões delimitadas que caracterizam esse tipo de reação. No caso de *F. solani*, a planta de feijão responde com o aumento do nível de enraizamento logo acima do ponto de ataque. Em condições normais, essa resistência natural é alcançada de 20 a 25 dias após a semeadura.

A resistência genética é a forma mais barata e eficiente que o agricultor dispõe como estratégia de controle integrado das doenças da cultura do feijão. Contudo, a resistência genética não é totalmente efetiva ou não está disponível nas cultivares preferidas pelo mercado consumidor.

Algumas cultivares, como IAPAR-81, IAPAR-31, IAPAR-65, IAC-Una, IAC-Maravilha, e IAC-Carioca e Pyatã são consideradas moderadamente resistentes a podridões-radiculares, enquanto as variedades Rio Tibagi e Bico de Ouro são citadas como resistentes. Entretanto, a resistência ge-

nética a esta doença é pouco estudada nas condições brasileiras. Apesar de existirem cultivares de feijão com níveis diferentes de resistência às podridões-radiculares, não se dispõem, ainda, de cultivares comerciais totalmente resistentes a essas doenças. Cultivares como Juriti (Figura 10), que apresentam nível moderado de resistência, podem ser utilizadas com sucesso em áreas com alto nível de inóculo. Por outro lado, cultivares suscetíveis como o Carioca, entre outras, devem ser evitadas nessa situação.

O fungo *F. oxysporum* f. sp. *phaseoli* apresenta alta especificidade em relação ao hospedeiro, sendo o uso de variedades resistentes o método eficaz de se controlar a doença. Há evidência da existência de duas raças do patógeno determinadas no Brasil e de outras duas determinadas a partir de isolados originários do Brasil, Holanda e Estados Unidos, as quais foram denominadas de raças europeia-americana e brasileira.

A murcha-de-fusarium tem correlação direta com a produtividade, pois quanto maior a severidade maior o dano. Experimentos realizados no município de Ponta Grossa, PR, pela Fundação ABC confirmam a importância na escolha da variedade como principal método de controle em áreas com histórico dessa doença (Figura 11), com destaque para a cultivar Juriti entre as mais produtivas, com menor severidade da doença, e a cultivar BRS Horizonte, como a mais suscetível e menos produtiva.

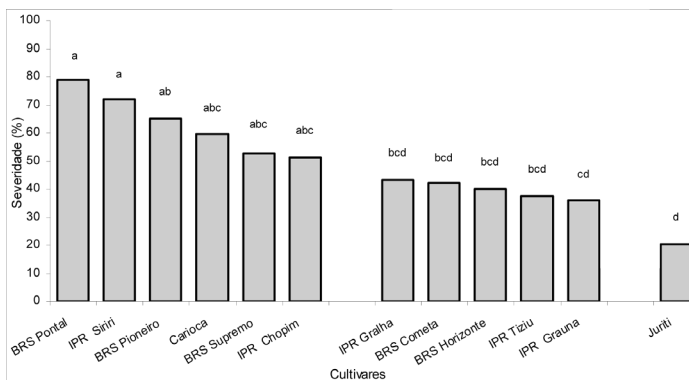


FIGURA 10 – Suscetibilidade de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris*) a podridões-radiculares (*Fusarium solani* f. sp. *phaseoli* e *Rhizoctonia solani*). Safra “das secas”, 2006/07. Ponta Grossa, PR. **Fonte:** SILVA et al. (2006).

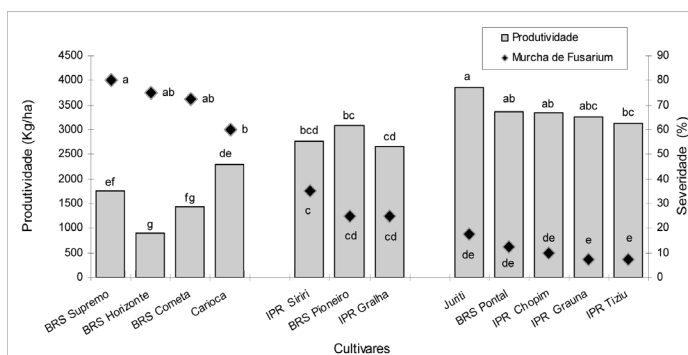


FIGURA 11 – Efeito das podridões-radulares (*Fusarium solani* f. sp. *phaseoli* e *R. solani*) e murcha-de-fusarium (*Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*) na produtividade da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris*) em diferentes cultivares. Safra “das secas”, 2006/07. Ponta Grossa, PR.
Fonte: SILVA et al. (2006).

7 MANEJO INTEGRADO

O manejo integrado de doenças é uma alternativa viável dos pontos de vista econômico e ecológico, com o objetivo de controlar as doenças e maximizar os lucros do produtor, sem prejudicar o meio ambiente. O manejo integrado envolve técnicas como: qualidade de semeadura, desenvolvimento da supressividade através do uso de rotação de culturas, uso de agentes de controle biológico, semeadura direta, cultivares resistentes ou tolerantes, tratamento de sementes para evitar a introdução dos patógenos em áreas isentas, adubação equilibrada, uso de facão na semeadura e melhoria das condições de drenagem e estrutura do solo. O uso dessas técnicas permite o controle de forma integrada e a manutenção dos inóculos de patógeno habitantes do solo em níveis baixos e o convívio com as doenças no campo sem dano substancial na produtividade.

8 REFERÊNCIAS

BERNI, R. F.; SILVEIRA, P. M.; COSTA, J. L. S. Influência do preparo de solo e da rotação de culturas na severidade de podridões-radulares no feijoeiro-comum. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 32, n. 2, p. 69-74, 2002.

BIANCHINI, A.; MARINGONI, A. C.; CARNEIRO, S. M. T. P. G. Doenças do Feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*). In: KIMATI, H. et al. **Manual de fitopatologia**. 4. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 2005. v. 2.

CANTERI, M. G. et al. Principais medidas de controle. In: CANTERI, M. G.; DALLA PRIA, M.; SILVA, O. C. **Principais doenças fúngicas do feijoeiro**: orientações para manejo econômico e ecológico. Ponta Grossa: UEPG, 1999.

CANTERI, M. G.; BERGAMIN FILHO, A. Danos e manejo integrado. In: CANTERI, M. G.; DALLA PRIA, M.; SILVA, O. C. **Principais doenças fúngicas do feijoeiro**: orientações para manejo econômico e ecológico. Ponta Grossa: UEPG, 1999.

CARDOSO, J. E. Podridões-radiculares. In: SARTORATO, A.; RAVA, C. A. **Principais doenças do feijoeiro comum e seu controle**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994.

CASSIOLATO, A. M. R.; SOUZA, N. L. de. Controle biológico de *Rhizoctonia solani* por isolados de *Rhizoctonia* spp. não patogênicos ou hipovirulentos. In: MELO, I. S.; AZEVEDO, J. L.. **Controle biológico**. Jaguariúna: EMBRAPA, 2000. v. 3.

COSTA, J. L. S. **Controle de podridões-radiculares na cultura do feijoeiro**: eficácia da aplicação de fungicidas no sulco de plantio. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2001. (Documentos, 118).

_____, RAVA, C. A. Influência da braquiária no manejo de doenças do feijoeiro com origem no solo. In: KLUTHCOUSLI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. **Integração lavoura pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003.

_____, SILVA, M. B. Tratamento de sementes. In: CANTERI, M. G.; DALLA PRIA, M.; SILVA, O. C. **Principais doenças fúngicas do feijoeiro**: orientações para manejo econômico e ecológico. Ponta Grossa: UEPG, 1999.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. Manejo de doenças. In: FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de feijão**. Piracicaba: DEGASPARI, 2007.

GHINI, R.; ZARONI, M. M. H. Relação entre coberturas vegetais e supressividade de solos a *Rhizoctonia solani*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 1, p. 10-15, 2001.

KLUTHCOUSKI, J. et al. **Cultivo do feijoeiro em palhada de braquiária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. (Documentos, 157).

LIMA, E. V. et al. Adubação NK no desenvolvimento e na concentração de macronutrientes no florescimento do feijoeiro. **Sci. Agric.**, v. 58, n. 1, p. 125-129, 2001.

LOUZADA, G. A. et al. Efeito da rotação de culturas sobre *Fusarium* spp. e atividade microbiológica em uma área de integração lavoura-pecuária. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO – CONAFE, 8., 2005, Goiânia. **Resumos...** Goiânia, 2005. p. 178-181.

MELO, I. S. Agentes microbianos de controle de fungos fitopatogênicos. In: MELO, I. S.; AZEVEDO, J. L. **Controle biológico**. Jaguariúna: EMBRAPA, 2000. v. 1.

_____.; FAULL, J. L. Tombamento de plântulas e controle biológico de *Rhizoctonia solani* e *Pythium* spp. In: MELO, I. S.; AZEVEDO, J. L.. **Controle biológico**. Jaguariúna: EMBRAPA, 2000. v. 2.

MOLIN, R.; CANTERI, M. G.; TESSMANN, D. J. Resistência varietal. In: CANTERI, M. G.; DALLA PRIA, M.; SILVA, O. C. **Principais doenças fúngicas do feijoeiro**: orientações para manejo econômico e ecológico. Ponta Grossa: UEPG, 1999.

PAULA JUNIOR, T. J.; VIEIRA, R. F.; ZAMBOLIN, L. Manejo integrado de doenças do feijoeiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 25, n. 223, p. 99-112, 2004.

RODRIGUES, F. Á.; CARVALHO, E. M.; VALE, F. X. R. Severidade da podridão-radicular de *Rhizoctonia* do feijoeiro influenciada pela calagem, e pelas fontes e doses de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 9, p. 1247-1252, 2002.

ROSOLEM, C. A.; MARUBAYASHI, O. M. Seja o doutor do seu feijoeiro. **Informações agronômicas**, Potafos, n. 68, 1994. (Arquivo do agrônomo, 7).

SARTORATO, A.; RAVA, C. A. Murcha ou amarelecimento de *Fusarium*. In: SARTORATO, A.; RAVA, C. A. **Principais doenças do feijoeiro-comum e seu controle**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994.

SILVA, O. C. et al. **Análise de risco para genótipos do feijoeiro quanto sua suscetibilidade a podridões-radulares e murcha-de-fusarium**,

safr 2006/07, Ponta Grossa – PR. Fundação ABC, 2006. (Relatório de pesquisa 2006/07).

SILVA, O. C. et al. **Efeito da época de semeadura sobre a severidade de podridões-radiculares e murcha-de-fusarium do feijoeiro, safra 2005/06, Ponta Grossa – PR.** Fundação ABC, 2006. (Relatório de pesquisa, 2005/2006).

SILVA, O. C. et al. **Manejo de podridões-radiculares e murcha-de-fusarium do feijoeiro, safra 2005/06, Castro – PR.** Fundação ABC, 2006. (Relatório de pesquisa, 2005/06).

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

TOLEDO-SOUZA, E. D. et al. Efeito da densidade de inóculo e interações entre *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli* e de *Rhizoctonia solani* na severidade de podridão-radicular do feijoeiro. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO – CONAFE, 8., 2005, Goiânia. **Resumos...** Goiânia, 2005. p. 174-177.

VIEIRA, R. F.; PAULA JUNIOR, T. J. Importância do uso de sementes de feijão livre de patógenos. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 25, n. 223, p. 33-40, 2004.

YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. Nitrogênio e enxofre na agricultura brasileira. **Informações agrônômicas**, Potafos, n. 114, 2006.

Controle Biológico

Wagner Bettiol

Marcelo Augusto Boechat Morandi

Eduardo R. A. Bernardo

Trazilbo José de Paula Júnior

1 INTRODUÇÃO

A sociedade está exigindo a produção de alimentos com a mínima degradação dos recursos naturais. Entre esses, destacam-se os portadores de selos que garantam a não utilização de agrotóxicos no processo produtivo. Com isso, sistemas de cultivo mais sustentáveis – portanto, menos dependentes do uso de agrotóxicos – têm sido desenvolvidos. O conceito de agricultura sustentável envolve o manejo adequado dos recursos naturais, evitando a degradação do ambiente de forma a permitir a satisfação das necessidades das gerações atuais e futuras. Esse enfoque altera as prioridades dos sistemas convencionais de agricultura em relação ao uso de fontes não renováveis, principalmente de energia, e muda a visão sobre os níveis adequados do balanço entre a produção de alimentos e os impactos no ambiente. As alterações implicam na redução da dependência de produtos químicos e outros insumos energéticos e o maior uso de processos biológicos nos sistemas agrícolas.

Um dos principais problemas da agricultura sustentável está relacionado ao controle de doenças, pragas e plantas invasoras. Antes das facilidades para aquisição de agrotóxicos para o controle dos problemas fitossanitários, os agricultores preparavam e utilizavam produtos obtidos a partir de materiais disponíveis nas proximidades de suas propriedades. Com a popularização do uso dos agrotóxicos, aqueles produtos foram quase totalmente abandonados e, hoje, muitos deles são chamados de alternativos. Devido à conscientização dos problemas causados pelos agrotóxicos para o ambiente e a crescente exigência da redução de seu uso, diversos produtos – muitos deles já utilizados pelos agricultores em décadas passadas – e os agentes de controle biológico vêm sendo testados. Dentre as culturas que necessitam do desenvolvimento de métodos alternativos de controle de doenças está a cultura do feijão, principalmente após a introdução do cultivo em sistemas irrigados baseados em pivô central.

Na abordagem de controle biológico, doença é mais do que uma íntima interação entre o patógeno e o hospedeiro influenciada pelo ambiente. É o resultado de uma interação entre hospedeiro, patógeno e uma variedade de não patógenos que também repousam no sítio de infecção e que apresentam potencial para limitar ou aumentar as atividades do patógeno, ou a resistência do hospedeiro. Assim, o fator ambiente precisa ser considerado em sua capacidade de agir sobre o patógeno, o hospedeiro e os demais organismos do sítio de infecção (Figura 1). O homem pode alterar as relações entre os fatores, favorecendo ou não a ocorrência das doenças.

O controle biológico de doenças de plantas pode ser conceituado como sendo o controle de um microrganismo por meio de outro organismo. Entretanto, conceitos mais abrangentes são aceitos pelos fitopatologistas. Assim, controle biológico é “a redução da soma de inóculo ou das atividades determinantes da doença, provocada por um patógeno, realizada por ou através de um ou mais organismos que

não o homem”. Atividades determinantes de doenças envolvem crescimento, infectividade, virulência, agressividade e outras qualidades do patógeno, ou processos que determinam infecção, desenvolvimento de sintomas e reprodução. Os organismos incluem indivíduos ou populações avirulentas ou hipovirulentas pertencentes às espécies patogênicas. Incluem, ainda, a planta hospedeira manipulada geneticamente por práticas culturais ou microrganismos para maior ou mais efetiva resistência contra o patógeno e os microrganismos antagonistas dos patógenos, que interferem na sobrevivência ou atividades determinantes das doenças. Assim, o controle biológico pode ser acompanhado por práticas culturais que visam a obter um ambiente favorável aos antagonistas e à resistência das plantas hospedeiras ou ambas; o melhoramento da planta para aumentar a resistência ao patógeno ou adequar o hospedeiro para as atividades dos antagonistas; e a introdução em massa de antagonistas, linhagens não patogênicas, outros organismos ou agentes benéficos.

O cultivo irrigado da cultura do feijão possibilita altas produtividades e permite a semeadura em qualquer época do ano. Com a incorporação dessa tecnologia ao processo produtivo, novos desafios surgiram, especialmente os relacionados às doenças causadas por patógenos do solo. Muitas dessas doenças têm inviabilizado o cultivo da cultura do feijão em várias regiões produtoras, especialmente em áreas irrigadas com pivô central. As condições climáticas durante o outono-inverno, com dias mais curtos, temperaturas mais amenas e molhamento constante, proporcionado pela irrigação por aspersão, favorecem o desenvolvimento de várias doenças, algumas delas pouco prejudiciais nas épocas tradicionais de semeadura. Doenças anteriormente consideradas de menor importância têm ocorrido com alta intensidade, causando grandes prejuízos e obrigando o estabelecimento de medidas de controle químico que são onerosas e muitas vezes ineficientes.

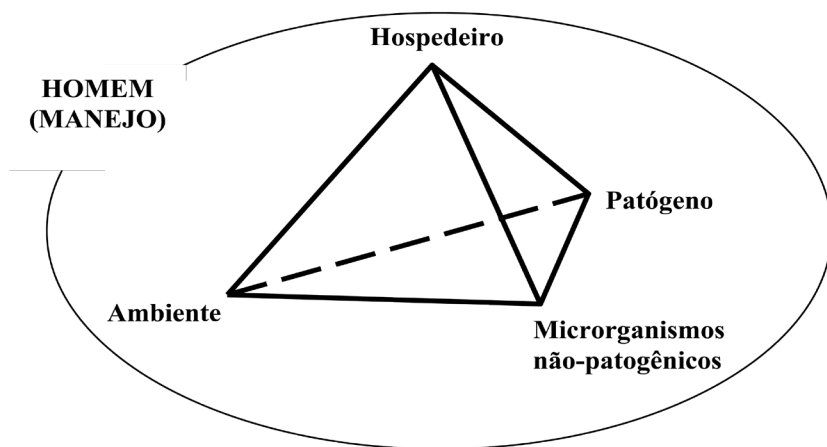


FIGURA 1 – O tetraedro da doença, destacando as interações entre ambiente, patógeno e microrganismos não patogênicos presentes no sítio de infecção do hospedeiro.

Fonte: BERGAMIN FILHO (1995).

As principais doenças causadas por fungos do solo que afetam o feijoeiro irrigado são o mofo-branco (*Sclerotinia sclerotiorum*), a murcha-de-fusarium (*Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*), a podridão-radicular-seca (*Fusarium solani* f. sp. *phaseoli*), a podridão-radicular (*Rhizoctonia solani*), a podridão-do-colo (*Sclerotium rolfsii*), a mela (*Thanatephorum cucumeris*) e a podridão-cinza-do-caule (*Macrophomina phaseolina*). Muitas vezes, esses fungos interagem entre si e com nematóides, o que dificulta o diagnóstico e o controle das doenças. Além dessas, outras doenças fúngicas, como a antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*), a ferrugem (*Uromyces appendiculatus*), a mancha-angular (*Phaeoisariopsis griseola*), o oídio (*Erysiphe polygoni*), a mancha-de-alternaria (*Alternaria alternata*); as doenças bacterianas, como o crestamento-bacteriano-comum (*Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli*), fogo-selvagem (*Pseudomonas syringae*) e a murcha-de-curtobacterium (*Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens*); as doenças virais, como o mosaico dourado do feijoeiro, mosaico comum e mosaico em desenho; e as causadas por nematóides, como *Meloidogyne javanica* e *Meloidogyne incognita*, são importantes para o cultivo do feijão.

De forma geral, os patógenos que são veiculados pelo solo são os mais difíceis de serem manejados ou controlados quimicamente, pois possuem estratégias diferenciadas de sobrevivência, podendo permanecer, mesmo sem o hospedeiro, nas áreas de cultivo do feijão por vários anos. Alguns deles produzem estruturas especializadas de resistência, que permanecem inativas por longos períodos de tempo na ausência do hospedeiro preferencial, enquanto outros podem viver nos restos de cultura, decompondo a matéria orgânica. Além disso, são polívoros, podendo atacar várias culturas, principalmente as cultivadas nos sistemas irrigados, e dessa forma perpetuando-se no solo. Os danos causados por esses patógenos variam de acordo com a variedade, a região e o sistema de cultivo empregado (sequeiro ou irrigado).

Os sintomas podem ser agravados se forem levados em conta alguns fatores, como o cultivo contínuo de espécies suscetíveis; a pouca diversidade de cultivares; as rotações de cultura inadequadas; as altas densidades de inóculo; a baixa fertilidade dos solos, os quais, geralmente, apresentam pH baixo; a compactação do solo; a drenagem insuficiente; etc. Ademais, a quase totalidade dos patógenos citados, especialmente aqueles de solo, pode infectar numerosas plantas hospedeiras e diversas plantas invasoras e não são conhecidas cultivares resistentes às doenças que eles incitam.

Medidas isoladas não são eficientes no controle de doenças da cultura do feijão causadas por patógenos do solo. O manejo integrado enfoca, geralmente, duas estratégias: a eliminação ou a redução do inóculo inicial dos patógenos e a redução da taxa de progresso da doença. Essas estratégias incluem medidas que podem ser realizadas antes da semeadura e durante a condução da cultura. O controle biológico de patógenos do solo pode enquadrar-se nas duas estratégias, considerando que medidas de erradicação incluam, por exemplo, a aplicação de antagonistas, visando à redução do inóculo de patógenos no solo e a proteção para evitar novas infecções por patógenos já estabelecidos no local. A introdução desses

agentes é feita, em geral, de maneira preventiva, podendo em alguns casos ter efeito também curativo.

A aplicação de fungicidas para o controle de patógenos da cultura do feijão habitantes do solo não é recomendada, exceto no caso do mofo-branco, em razão de o controle químico, na maioria das vezes, ser caro, de eficiência baixa e os riscos de contaminação do ambiente serem altos. Assim, além do tratamento de sementes com fungicidas, os agricultores têm intensificado a busca por medidas alternativas de controle das doenças e a demanda por produtos comerciais à base de agentes de controle biológico vem aumentando continuamente. Na Tabela 1 são apresentados exemplos de produtos biológicos comercializados para o controle de patógenos do solo que podem atacar a cultura do feijão.

Apesar de resultados promissores com diferentes agentes de controle biológico, as dificuldades de obtenção de formulações comerciais e de seu registro junto aos órgãos competentes no Brasil fazem com que poucos produtos estejam disponíveis aos produtores. Ademais, resultados inconsistentes com a utilização de antagonistas, especialmente em áreas com elevado potencial de inóculo dos patógenos ou em decorrência de fatores do ambiente, limita a difusão do controle biológico. Na prática, medidas isoladas de controle biológico não são eficientes e os produtores precisam associar a aplicação de antagonistas a outras estratégias.

A maioria dos produtos biológicos comerciais são recomendados para o controle de *Fusarium* spp., *Pythium* spp., *R. solani* e *S. sclerotiorum*. Entretanto, vários antagonistas utilizados comercialmente para o controle desses fungos são também eficientes no controle de *Sclerotium rolfsii* e de *M. phaseolina*.

2 APLICAÇÃO DE AGENTES DE CONTROLE BIOLÓGICO

Diversas estratégias são recomendadas para a aplicação de agentes de controle biológico de patógenos do solo, incluindo o tratamento de

sementes, a aplicação diretamente no solo ou concentrada no sulco de semeadura e a aplicação sobre as plantas. O tratamento de sementes com agentes de controle biológico é o método mais difundido, por motivos econômicos e de praticidade, pois o feijão, geralmente, é cultivado em áreas extensas. Na prática, observa-se que plantas originadas de sementes tratadas com o antagonista *Trichoderma* apresentam raízes com níveis baixos de ataque de patógenos do solo. A aplicação diretamente no solo ou no sulco de semeadura exige maiores volumes de produto e que o antagonista sobreviva no solo. Assim, há necessidade de manejo para manutenção de matéria orgânica no solo com a finalidade de assegurar a sobrevivência dos agentes de biocontrole. A aplicação de suspensões contendo propágulos de antagonistas via água de irrigação, diretamente sobre o solo, está sendo cada vez mais utilizada. As aplicações de suspensões de antagonistas no solo permitem que o controle seja realizado na ausência do hospedeiro (antes da semeadura ou após a colheita), com o objetivo de reduzir o potencial de inóculo dos patógenos no solo.

3 CONTROLE BIOLÓGICO E MANIPULAÇÃO DO AMBIENTE

Embora o controle biológico de patógenos com antagonistas residentes pareça conflitante com o uso de antagonistas introduzidos, as duas estratégias podem ser usadas de forma convergente. Geralmente, o controle com antagonistas residentes envolve medidas que favorecem o desenvolvimento de suas populações no solo, embora estratégias de manipulação do ambiente também possam ser utilizadas para favorecer o estabelecimento de bioagentes introduzidos. Da mesma forma que o ambiente, as práticas culturais utilizadas podem influenciar a eficiência do controle biológico. As operações de semeadura, controle de plantas invasoras, adubação e irrigação devem ser planejadas de tal forma que o estabelecimento e o desenvolvimento dos antagonistas sejam favorecidos no solo.

As aplicações de calcário para alterar o pH do solo e o uso de fertilizantes podem contribuir para o favorecimento de populações de agentes

de biocontrole em detrimento dos patógenos. Da mesma forma, o manejo da irrigação pode ser estratégia viável de controle ao ser associado ao controle biológico. O teor alto de água no solo pode favorecer populações de antagonistas e, indiretamente, contribuir para o controle de patógenos do solo. Resultados de pesquisa indicaram que a atividade antagônica e a sobrevivência de *Trichoderma harzianum* foram maiores em solos mantidos em níveis intermediários de umidade do que em solos encharcados ou secos, enquanto a atividade do patógeno *R. solani* foi maior em solos mais secos. A maior sobrevivência de *R. solani* em solos mais secos é conhecida e pode balizar a elaboração de estratégias de controle da podridão-radicular, particularmente de maneira integrada com o controle biológico, pois espécies de *Trichoderma* parecem ser favorecidas por solo mais úmido. Além da possibilidade de manejar a irrigação e favorecer o controle biológico da podridão-radicular da cultura do feijão com *T. harzianum*, o uso do antagonista foi mais eficiente quando associado à semeadura em pouca profundidade.

Bons resultados com o uso combinado de práticas culturais e antagonistas no controle do mofo-branco têm sido obtidos em situações particulares. O fungo *T. harzianum*, na presença de vermicomposto e associado ao herbicida EPTC, promoveu aumento significativo no nível de controle do mofo-branco. A rotação com gramíneas e o preparo do solo menos profundo fazem com que os escleródios de *S. sclerotiorum* sejam mantidos na superfície do solo, onde estão mais sujeitos ao molhamento e secagem; isso faz com que surjam rachaduras nas paredes dos escleródios, o que os torna suscetíveis ao ataque de vários microrganismos.

4 O CONTROLE BIOLÓGICO E O SISTEMA DE PLANTIO DIRETO

No plantio direto há profunda alteração da comunidade de organismos que possuem fase saprofítica no solo. O maior potencial de inóculo (em razão da não eliminação dos restos de cultura) e o seu posicionamento mais próximo aos sítios de infecção proporcionam maior eficiência no

processo de inoculação. Os restos de cultura mantidos sobre a superfície do solo servem como fonte de nutrientes e abrigo para a sobrevivência, o crescimento e a reprodução de organismos patogênicos, pelo menos nos primeiros anos de emprego desse sistema, com consequências tanto mais nocivas quanto menos adequado for o sistema de rotação de culturas.

No Sul do Brasil, práticas culturais, como a semeadura e a colheita em condições de alto teor de água no solo, favorecem a ocorrência de doenças causadas por patógenos habitantes do solo no plantio direto. A diminuição da temperatura do solo pode causar o retardamento da germinação e a redução da taxa de desenvolvimento de plântulas, principalmente em épocas frias. Essa situação pode favorecer, inicialmente, o tombamento de plântulas e as podridões de raízes induzidas por *Fusarium* spp., *R. solani* e *Pythium* sp. Outro efeito negativo do plantio direto relaciona-se à possível adaptação genética de microrganismos patogênicos de uma cultura a outra, como parece ser o caso do carvão e da sarna da cultura do feijão.

Por outro lado, o plantio direto pode propiciar maior tolerância das plantas às doenças e a formação de um ambiente supressivo aos patógenos do solo, em razão de os solos com maior teor de nutrientes, maior porcentagem de matéria orgânica, maior diversidade de microrganismos e melhor estrutura física favorecerem os antagonistas. Assim, diversos produtores de feijão irrigado da região dos cerrados associam a aplicação de antagonistas ao plantio direto, visando a aperfeiçoar o controle das doenças.

No controle do mofo-branco, a incorporação de solo contaminado com escleródios e de restos de cultura do feijão contaminados no intuito de reduzir o potencial de inóculo de *S. sclerotiorum* é uma medida controversa, considerando que os escleródios enterrados são capazes de sobreviver por vários anos. Além disso, o preparo convencional do solo, com sucessivas arações e gradagens contribui para disseminar os escleródios do patógeno em toda a área. O fato de os escleródios

permanecerem na camada superficial do solo quando se pratica o plantio direto os deixa mais expostos à degradação proporcionada por fatores climáticos e microrganismos. Entretanto, a adoção do plantio direto em glebas com histórico de mofo-branco, utilizando-se sequências de culturas suscetíveis, pode também resultar em perdas consideráveis na cultura do feijão, pois mesmo com a degradação de parte dos escleródios por estresses ou parasitismo, a proporção que sobrevive no solo ainda é capaz de causar epidemias. Já foi constatada alta incidência de mofo-branco da cultura do feijão cultivada sobre palhada de soja, cultura também suscetível ao patógeno. O relato de que um apotécio/5 m² é capaz de causar epidemias de mofo-branco é um exemplo da agressividade desse patógeno, e da importância de se reduzir o seu inóculo inicial.

A intensidade do mofo-branco é menor quando o feijão é semeado sobre palhada de milho, braquiária ou arroz, o que parece estar relacionado com a maior atividade biológica dos inimigos naturais do fungo em áreas de plantio direto. A palhada sobre a superfície do solo cria também uma barreira física à formação de apotécios e à dispersão dos ascósporos. A queima da palhada elimina essa barreira e torna o microclima desfavorável ao desenvolvimento de antagonistas, além de não atingir os escleródios presentes na camada superficial do solo. No cerrado, verificou-se que a sobrevivência de escleródios de *S. sclerotiorum* foi reduzida na palhada de gramíneas, e que a ocorrência do mofo-branco foi menor em sistema de plantio direto do que no cultivo convencional. O uso de cobertura morta de capim Napier associado à redução da umidade do solo foi eficiente em reduzir a produção de apotécios de *S. sclerotiorum*.

A introdução de braquiária no sistema de plantio direto proporciona uma série de benefícios para o controle do mofo-branco e para a recuperação da qualidade do solo. O crescimento profundo de suas raízes favorece a infiltração de água e a atividade de microrganismos do solo, gerando um ambiente menos favorável à germinação de escleródios. Espécies de braquiária, como *Brachiaria brizantha* ou *Brachiaria ruziziensis*, culti-

vadas por dois anos ou mais, têm ação supressora e estimulam a proliferação de microrganismos antagônicos a *Sclerotinia* e a outros patógenos que habitam o solo, como *Fusarium* e *Rhizoctonia*. Além disso, a palhada de braquiária cobre o solo por mais tempo do que a de outras espécies de clima tropical, prejudicando a formação de apotécios de *S. sclerotiorum* e a ejeção de ascósporos. Ademais, quando a pastagem é dessecada, há um aporte de 10 a 12 t/ha de matéria orgânica no solo, o que também contribui para a proliferação de microrganismos benéficos.

O plantio direto sobre a palhada de braquiária tem outros benefícios sobre o sistema de produção, pois reduz os custos com a irrigação e o controle de plantas invasoras, além de aumentar a ciclagem de nutrientes. Essa prática é adotada por muitos agricultores da região do cerrado a partir do desenvolvimento do “Sistema Santa Fé”, em que a braquiária é instalada em consórcio com o cultivo de milho, sem prejuízos para a colheita de grãos.

A adição ao solo de resíduos de cereais com alta relação C/N, como o milho, pode reduzir o dano da podridão-radicular-seca da cultura do feijão causada por *F. solani* f. sp. *phaseoli*, mas o controle biológico é favorecido apenas se a disponibilidade de N às plantas for adequada.

5 PRINCIPAIS ORGANISMOS ENVOLVIDOS NO CONTROLE BIOLÓGICO

5.1 FUNGOS

Dos organismos envolvidos no controle biológico, os fungos são os mais estudados. Isso é devido ao interesse na obtenção de produtos comerciais à base destes organismos para o controle biológico de patógenos habitantes do solo. Dentre os fungos, sem dúvida, os mais estudados pertencem ao gênero *Trichoderma*. Até recentemente, a eficiência desse fungo era discutida, mas sem uso comercial. Entretanto,

atualmente diversos produtos à base de diferentes espécies desse antagonista são comercializados: Bio-Fungus, Binab T, RootShiel, T-22G, T-22 Planter Box, Promote, Supresivit, Trichodex, Trichopel, Trichobject, Trichodowels, Trichoseal e Trichoderma 2000, entre outros, no exterior; e Trichodermil, Agrotrich, Biocerto Trichoderma, Biotrich, Controlbio 2001, Ecotrich/Trichobel, Trichoderma JCO, Trichovab e Trichonat, entre outros, no Brasil.

As espécies mais conhecidas de *Trichoderma* são: *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma hamatum*, *Trichoderma viride*, *Trichoderma aureoviride*, *Trichoderma koningii*, *Trichoderma pseudokoningii*, *Trichoderma longibrachiatum*, *Trichoderma polysporum* e *Trichoderma glaucum*. O fungo *Trichoderma* pode atuar por mais de um mecanismo de ação, sendo essa característica importante em um organismo que sobrevive no solo. Antibiose, competição, parasitismo e indução de resistência são os principais mecanismos pelos quais atua. Para *Trichoderma*, o parasitismo talvez seja o mecanismo de ação mais conhecido e documentado. Existem relatos de *Trichoderma* controlando diversos fungos fitopatogênicos, entre eles: *Rhizoctonia*, *Sclerotium*, *Sclerotinia*, *Pythium*, *Phytophthora*, *Armilaria mellea*, *Fusarium*, *Rosellinia* e *Botrytis*, entre outros. Espécies de *Trichoderma* prevalecem principalmente em ambientes úmidos, mas podem ser isoladas de todas as zonas climáticas, incluindo solos de desertos. Temperaturas acima de 25°C favorecem o seu desenvolvimento. São eficientes no controle da maioria dos patógenos da cultura do feijão habitantes do solo.

Espécies de *Trichoderma* são consideradas competidores agressivos, pois crescem e colonizam rapidamente vários substratos e competem com o patógeno por nutrientes. Muitas espécies possuem a capacidade de produzir metabólitos secundários tóxicos, como antibióticos e enzimas líticas capazes de inibir e destruir propágulos de fungos fitopatogênicos. Não se conhece, no entanto, o papel desses antibióticos *in situ*. *In vitro*, *Trichoderma* produz antibióticos com efeitos pronunciados contra fungos fitopatogênicos. A eficiência de *T. hamatum* como agente

de biocontrole de *Pythium* spp. e *R. solani* pode ser melhorada incorporando-se quitina ao solo, provavelmente por aumentar a atividade da quitinase produzida pelo antagonista. Outro mecanismo de ação de *Trichoderma* refere-se à capacidade de certos isolados de estimularem a germinação de sementes, a emergência das plântulas e o crescimento das plantas, bem como de colonizarem a rizosfera (linhagens “competentes na rizosfera”), o que torna as plantas mais tolerantes aos patógenos ou simplesmente faz com que elas escapem à infecção.

Coniothyrium minitans é um fungo necrotrófico, de ampla distribuição e parasita de diversos fungos fitopatogênicos produtores de escleródios. Esse agente tanto reduz a sobrevivência de escleródios, como age como um agente preventivo, com capacidade de parasitar escleródios e reduzir a produção de apotécios de *Sclerotinia*. O antagonista cresce lentamente e produz picnídios na superfície dos escleródios, os quais mantêm por algum tempo a atividade até serem totalmente destruídos pelo bioagente, ocorrendo uma desintegração da parede celular por ação enzimática. Em condições de campo, possui alta eficiência e as aplicações podem ser diretamente no solo visando a reduzir o número de escleródios do patógeno, bem como aplicações direcionadas sobre as plantas. Entretanto, para condições tropicais, com temperaturas superiores a 25°C, o antagonista não apresenta o sucesso desejado, pois a temperatura ótima para o seu desenvolvimento é de 20-22°C. A busca de linhagens adaptadas às condições de temperaturas mais elevadas seria uma alternativa possível para a agricultura brasileira. Produtos comerciais à base de *C. minitans* foram registrados com os nomes de Contans, na Alemanha em 1997, para a cultura da alface, e Koni, na Hungria, em 1998. Recentemente, Contans foi registrado em muitos países também para outras culturas.

O fungo *Pythium oligandrum* é descrito como micoparasita, inclusive de diversas espécies de *Pythium* fitopatogênicos. *Pythium oligandrum* é frequentemente isolado dos solos, apresentando alta eficiência no controle de *Pythium ultimum*. O fungo é comercializado com o nome de Polygandron.

Pythium oligandrum é relatado como parasita de: *Pythium ultimum*, *Pythium vexans*, *Pythium graminicola*, *Pythium aphanidermatum*, *Pythium spinosum*, *Pythium irregulare*, *Gaeumanomyces graminis*, *Phialophora radicola* e *R. solani*. Esse bioagente, por ocorrer naturalmente, colabora na manutenção da supressividade de solos a diversos fitopatógenos.

Gliocladium é um fungo micoparasita facultativo, habitante natural do solo, podendo viver saprofiticamente ou parasiticamente sobre outros fungos. *Gliocladium roseum* (sin. *Clonostachys rosea*) e *Gliocladium virens* são antagonistas efetivos no controle de tombamento e de podridões de raízes causados por *R. solani* e *Pythium*, sendo que *G. virens* é comercializado com o nome de SoilGard para o controle desses dois patógenos em diversas culturas em cultivo protegido. Também se observou a eficiência desse antagonista no controle de *Fusarium* spp. e *S. sclerotiorum*. Os antibióticos de *G. virens* podem matar escleródios de *R. solani*. Espécies do fungo filamentosso *Gliocladium* são empregadas no controle de podridões da cultura do feijão causadas por *R. solani*, *Pythium* spp. e *Fusarium* spp. e no controle do mofo-branco. Um dos mecanismos de ação desse antagonista está relacionado à produção de metabólitos fungistáticos. *Gliocladium roseum* é um micoparasita de hifas e escleródios de patógeno no solo, sendo frequentemente encontrado parasitando escleródios de *S. sclerotiorum*. Os produtos comerciais à base dessa espécie, como por exemplo, Endofine (Canadá e EUA) e Clonosnat (Brasil) são recomendados para *Botrytis cinerea*, patógeno da mesma família de *S. sclerotiorum* (Sclerotiniaceae). Portanto, é necessário avaliar o potencial desse antagonista para o controle do mofo-branco.

Sporidesmium sclerotivorum é encontrado na natureza como um parasita obrigado de escleródios de *S. sclerotiorum*, *Sclerotinia minor*, *Sclerotium cepivorum* e *B. cinerea*, sendo relatado em solos de diversas partes do mundo. Já foi observado controle de 51 a 100% em *S. sclerotiorum* na cultura da soja com a incorporação de *S. sclerotivorum* durante dois anos antes da implantação dos experimentos em condições de campo. Junta-

mente com *C. minitans*, é considerado importante parasita envolvido na degradação natural de escleródios.

A eficiência de *Talaromyces flavus* ao controlar diversos fungos fitopatogênicos habitantes do solo também já foi descrita. *Talaromyces flavus* é eficiente no controle de *S. sclerotiorum* na cultura do girassol e do feijão e *S. rolfii* da cultura do feijão. Experimentos conduzidos com 12 isolados de *T. flavus* para o controle de *S. rolfii* em plantas de feijão em condições de casa de vegetação proporcionaram redução de até 64% na doença e 63% na colonização dos escleródios tratados com suspensão de conídios. Aparentemente, diferentes mecanismos estão envolvidos. Entretanto, o micoparasitismo parece ser o principal mecanismo no controle de *S. rolfii*, indicado pela colonização dos escleródios e hifas por *T. flavus* demonstrando uma correlação positiva entre o micoparasitismo e a supressão da doença.

Muitos outros fungos antagonistas estão envolvidos no controle biológico natural de fitopatógenos habitantes do solo. Contudo, o importante para esse fenômeno não é a ocorrência isolada de um antagonista, mas sim um complexo, pois, dessa forma, vários mecanismos de ação funcionam simultaneamente. Um dos problemas atuais da agricultura é justamente manter a comunidade desses organismos em equilíbrio no solo, visando à redução dos problemas fitossanitários.

5.2 MICORRIZAS

Os fungos formadores de micorrizas colonizam as raízes, o córtex e a região que envolve a raiz, formando uma trama micelial na rizosfera. Dessa forma, ocorrem interações com outros grupos funcionais de organismos com funções específicas, incluindo os patógenos, podendo estar relacionados com o controle biológico natural. A micorrização não elimina a presença de organismos patogênicos por completo, mas tem um efeito protetor. Ela reduz a severidade da doença, pois pode agir sobre os

fitopatógenos pela mudança nas características fisiológicas e morfológicas das raízes, pela produção de antibióticos e outras substâncias, por barreira mecânica e por competição por nutrientes e por espaço, entre outros fatores. Com a formação de micorrizas, os grupos funcionais que vivem na rizosfera são alterados, o que modifica o seu equilíbrio. Já foi verificado o aumento de *Pseudomonas* promotora de crescimento na rizosfera de plantas com endomicorrizas.

5.3 BACTÉRIAS

Dentre as bactérias envolvidas no controle biológico de fitopatógenos habitantes do solo, as dos gêneros *Pseudomonas* (Gram -) e *Bacillus* (Gram +) são as mais estudadas. No Brasil, não existem produtos à base de bactérias disponíveis para uso na agricultura. No entanto, Epic, Kodiak, Rhizo-plus, Serenade e System 3 à base de *Bacillus subtilis*; Sonata a base de *Bacillus pumilus*; BlueCircle, Deny, Intercept, BlightBan A 506, Conquer, Pssol e Victus à base de *Pseudomonas* são produtos comerciais registrados em diversos países e utilizados para ampla gama de patógenos de plantas habitantes do solo: *Fusarium*, *Pythium*, *Pseudomonas tolasii*, *Rhizoctonia*, *Alternaria*, *Aspergillus*, *Pseudomonas solanacearum*, *Verticillium*, *Sclerotinia* e *Streptomyces scabies* e também da parte aérea. Isso mostra o papel fundamental das bactérias no controle biológico de patógenos habitantes do solo, pois esses bioagentes têm o solo como reservatório. As bactérias agem por antibiose, competição, parasitismo e indução de resistência. Além da ação direta nos solos, é preciso levar em conta a ação das rizobactérias promotoras de bioproteção de plantas, pois, uma vez presentes nos solos, elas colonizam as raízes e protegem as plantas contra patógenos. Bactérias dos gêneros *Bacillus* e *Pseudomonas* são as rizobactérias mais estudadas. Atualmente, está em processo de registro no Brasil os produtos comerciais Serenade e Sonata à base de *B. subtilis* e *B. pumilus*, respectivamente.

Espécies de *Pseudomonas* são largamente estudadas, pois suprimem grande número de fitopatógenos habitantes do solo. A presença de *Pseudomonas*

fluorescentes está relacionada à supressividade de solos a *Gaeumanomyces graminis* var *tritici*. A produção de sideróforos é um dos mecanismos de ação das *Pseudomonas* envolvidas na supressão de fitopatógenos, pois limita a disponibilidade de ferro para esses organismos. *Pseudomonas chlororaphys*, comercializada com o nome de AtEze é recomendada para o controle de murchas e doenças radiculares.

Dentro do gênero *Bacillus*, a espécie *Bacillus subtilis* destaca-se na capacidade de inibir tanto bactérias, como fungos fitopatogênicos. Essa bactéria é excelente produtora de antibióticos e tem o solo como reservatório natural. *B. subtilis* é capaz de produzir endósporos resistentes a condições adversas do ambiente e tem mostrado potencial de controle de *R. solani*, *S. sclerotiorum* e de *F. oxysporum* f. sp. *phaseoli* na cultura do feijão, especialmente por meio do tratamento de sementes. Diversos preparados com essa bactéria são comercializados (Tabela 1). A bactéria *Paenibacillus pabuli* foi capaz de controlar infecções de *R. solani* e *Pythium* spp. na cultura do feijão. Isolados de *Bacillus* spp. reduziram a germinação e aumentaram a degradação de escleródios de *S. sclerotiorum*.

Outra bactéria bastante eficiente no controle de podridões radiculares é *Burkholderia cepacia*. Experimentos em campo demonstraram que alguns isolados de *B. cepacia* colonizaram a rizosfera de várias culturas, incluindo milho, arroz, ervilha e girassol, entre outras, conferindo incrementos de produtividade e controle de doenças radiculares. Um produto comercial à base dessa bactéria está registrado como Deny, e é recomendado para as culturas do feijão, algodão, alfafa, ervilha, dentre outras.

As actinobactérias também são importantes no controle de fitopatógenos, a ação delas devendo-se principalmente à produção de antibióticos. Esses organismos são explorados comercialmente por tal característica. Dentre as actinobactérias, *Streptomyces* são as mais estudadas, além de excelentes produtoras de antibióticos, enzimas e inibidores enzimáticos, com aplicações nas áreas da medicina, agricultura e veterinária.

As bactérias envolvidas no controle biológico de fitopatógenos habitantes do solo não estão limitadas a esse grupo restrito de espécies e provavelmente são as mais estudadas devido à sua maior ocorrência nos solos. Em condições naturais, o complexo bacteriano colabora com a manutenção da supressividade, pois além das ações apresentadas, pode alterar a estrutura do solo.

5.4 COLEMBOLA

São microartrópodos de no máximo 5 mm de comprimento com aparelho bucal mastigador. Os colembolas apresentam grande diversidade de habitats, variando desde o topo de árvores até regiões profundas do solo. Possuem tolerância termal entre -5 e 40°C, são encontrados principalmente em camadas de solo onde há maior concentração de matéria orgânica em decomposição e húmus e coabitam a rizosfera. Alguns autores consideram que esses organismos apresentam uma grande seletividade, sendo a maioria micófaga, alguns nematófagos, outros carnívoros, além de algívoros e bacteriófagos. Além de consumir rapidamente as hifas de alguns fungos fitopatogênicos, a germinação dos propágulos dos fungos é alterada quando ingeridos por esses microartrópodos. Em estudos de seus hábitos alimentares, verificou-se a preferência por fungos de pigmentos escuros a fungos não pigmentados. A alimentação intensa de hifas jovens foi capaz de reduzir o inóculo de *R. solani*, *Fusarium oxysporum* f. sp. *vasinfectum* e *Pythium* spp. Colembolas (*Proisotoma minuta* e *Onychiurus encarpatus*) consomem rapidamente hifas de *R. solani*. Porém, aparentemente, as hifas de *S. rolfii* e *T. harzianum* os repelem. Já foi verificado o controle de *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum* por colembola. O tratamento associando colembola (*P. minuta*) e fungos antagonistas (*T. harzianum*, *G. virens* e *Laetisaria arvalis*) foi mais eficiente em suprimir *R. solani*, do que os organismos separadamente, em solos esterilizados. Por outro lado, em solos naturais, *P. minuta* separadamente ou associada a *L. arvalis*

foram os tratamentos mais eficientes. Esses organismos provavelmente são importantes no controle biológico natural de patógenos de solo, não apenas na cultura do feijão, mas em todas as culturas. É possível que sejam mais importantes em solos onde as práticas agrícolas culminam com o aumento no teor de matéria orgânica.

5.5 PROTOZOÁRIOS (AMEBAS)

Os protozoários são incluídos como potenciais agentes de controle biológico, pois alguns gêneros se alimentam de fungos e bactérias. Diversos trabalhos apontam que os protozoários reduziram em torno de cinco vezes a população de *Xanthomonas campestris* em solo. Amebas desempenham um importante papel na ecologia dos fungos habitantes do solo e no seu controle biológico, pois, além de perfurarem, inativam propágulos de *Cochliobolus sativus* e *Thielaviopsis basicola*. Amebas (*Arachnula impatiens*) perfuram hifas de *R. solani* e também perfuram e destroem hifas pigmentadas de *G. graminis* var. *tritici*. *Gephyramoeba*, *Mayorella*, *Saccamoeba* e *Thecamoeba* se alimentando de propágulos de *G. graminis* var. *tritici* e *C. sativus*. A presença de protozoários está associada a componentes da supressividade de solos ao mal-do-pé do trigo. Entretanto, não houve efeito de amebas sobre a população de *Fusarium oxysporum*. Conforme mostram diversos trabalhos, há necessidade da realização de estudos para quantificação dos efeitos da ação desse grupo de organismos sobre fitopatógenos habitantes de solo.

5.6 MINHOCAS

Os efeitos benéficos de minhocas na estrutura do solo e no aumento da produtividade em determinados tipos de solos são conhecidos. Diversas espécies de fungos foram isoladas do tubo digestivo e das excreções de minhoca, o que indica o consumo por esses organismos. Dessa forma, as minhocas podem agir tanto na dispersão de fungos, como no

seu controle. Após passar pelo trato digestivo de *Aporrectodea longa* e *Lumbricus terrestris*, esporos de *Fusarium lateritium* e *Agrocybe temulenta* não germinaram, enquanto os de *Trichoderma* sp. e *Mucor hiemalis* tiveram a germinação significativamente reduzida e os de *Chaetomium globosum* foram estimulados a germinar. Em solo calcário franco-arenoso no sul da Austrália, infestado com *G. graminis* var. *tritici* e *R. solani*, ocorreu aumento no peso das plantas de trigo nos tratamentos com minhocas (*Aporrectodea rosea* e *Aporrectodea trapezoides*), mas não se observaram efeitos nos solos não infestados com os patógenos. A minhoca possivelmente estimula o crescimento e a produtividade das plantas pela redução na severidade dos fungos fitopatogênicos habitantes do solo, como *G. graminis* var. *tritici* e *R. solani*. Já foi relatado o controle de *R. solani* em trigo por minhocas. O efeito da minhoca pode ser devido a diversos mecanismos somados como: ingestão e morte das hifas no intestino; competição por determinados nutrientes; aceleração na decomposição de resíduos de plantas; disponibilização de certas fontes de nutrientes como N e Zn; e estímulo de antagonistas ou por alteração nas propriedades físicas do solo. Além do efeito direto da minhoca no solo, também o efeito de vermicomposto sobre *Phytophthora nicotianae* var. *nicotianae*, *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* e *Plasmodiophora brassicae* foi constatado quando incorporado ao solo.

Como demonstrado acima, cada organismo apresenta um determinado potencial de controlar os patógenos habitantes do solo. Assim, o importante é buscar práticas agrícolas que estimulem a sobrevivência e a multiplicação desses organismos no solo para torná-lo supressivo.

6 PRINCIPAIS DOENÇAS PASSÍVEIS DE SEREM CONTROLADAS BIOLÓGICAMENTE

6.1 CONTROLE BIOLÓGICO DO MOFO-BRANCO

O mofo-branco é causado pelo fungo *S. sclerotiorum*, o qual pode atacar uma vasta gama de hospedeiros e se encontra mundialmente distri-

buído. Culturas como soja, algodão, alface, repolho, tomate rasteiro e ervilha, e diversas espécies de plantas invasoras, como picão, carrapicho, caruru, mentrasto e vassoura também são suscetíveis. O mofo-branco é uma das doenças mais destrutivas da cultura do feijão no Brasil, notadamente nas semeaduras de outono-inverno, quando os dias são mais curtos e as temperaturas mais baixas. Esses fatores, aliados ao molhamento constante proporcionado pela irrigação, propiciam condições favoráveis ao desenvolvimento da doença. A doença é mais severa onde ocorre crescimento vegetativo abundante da cultura, pouco arejamento e penetração da luz solar, drenagem do solo insuficiente, rotações de cultura inadequadas e uso de sementes contaminadas.

Medidas isoladas não são eficientes no controle do mofo-branco da cultura do feijão quando comparadas ao uso de práticas realizadas de maneira simultânea. O manejo integrado visa à eliminação ou à redução do inóculo inicial do patógeno e à redução da taxa de progresso da doença, incluindo medidas que podem ser implementadas antes da semeadura e durante a condução da cultura. Além de várias práticas culturais que contribuem para a redução do inóculo do patógeno no solo e da doença no campo, as pesquisas com métodos alternativos de controle do mofo-branco têm se intensificado, particularmente com a aplicação de agentes de controle biológico.

O uso de controle biológico aumentou nos últimos anos, especialmente em decorrência dos custos elevados do controle químico, da eficiência desses agentes e da possibilidade de redução paulatina do potencial de inóculo de *S. sclerotiorum* no solo que essa medida proporciona.

A presença de microrganismos antagonísticos no solo tem papel importante na inviabilização dos escleródios de *S. sclerotiorum*. Esse fator é o principal componente que afeta a sobrevivência dos escleródios. Mais de 30 espécies de fungos e bactérias são relatadas como antagonistas ou parasitas de *Sclerotinia* spp. Os seguintes fungos são micoparasitas de escleródios: *Gliocladium virens*, *Gliocladium roseum*, *C. minitans*, várias espécies de *Trichoderma* (*T. harzianum*, *T. viride*, *T. koningü*, *T.*

pseudokoningii) e *Paecilomyces lilacinus*. Outros fungos também são citados como micoparasitas de *S. sclerotiorum*, como *Aspergillus* spp., *Penicillium* spp., *Fusarium* spp., *Mucor* spp., *Sporidesmium sclerotivorum* e *Teratosperma oligocladium*. Algumas substâncias antibióticas produzidas por *Gibberella baccata*, *Streptomyces* spp. e bactérias podem controlar a germinação dos escleródios. Outros antagonistas estudados no controle biológico do mofo-branco são os fungos *Alternaria alternata*, *Drechslera* sp., *Epicoccum purpurascens*, *Epicoccum nigrum*, *Myrothecium verrucaria*, *Cladosporium cladosporioides*, *Talaromyces flavus*, *Trichothecium roseum* e *Ulocladium atrum* e as bactérias *Erwinia herbicola*, *Pseudomonas fluorescens* e *Pseudomonas putida*.

O controle biológico de *S. sclerotiorum* pode ser implementado de diferentes maneiras. No solo, objetiva a redução do inóculo inicial ao propiciar a inibição da germinação dos escleródios e sua eventual morte. Na parte aérea, por meio da aplicação de suspensões de esporos de agentes de controle biológico, pode contribuir para a redução do inóculo secundário e da dispersão do inóculo ao proporcionar a inibição da germinação dos ascósporos ou a ocupação de sítios de infecção na planta. Outra estratégia é a prevenção da infecção na rizosfera por meio de agentes de controle biológico aderidos às sementes.

Vários resultados positivos foram obtidos para o controle biológico do mofo-branco em diversas partes do mundo. A levedura *Epicoccum purpurascens* reduziu em 35% a incidência de mofo-branco em dois experimentos conduzidos em Quebec, Canadá. Em outro trabalho, verificou-se redução significativa na severidade da doença e aumento no peso de vagens e no peso seco da parte aérea em experimentos em casa de vegetação, utilizando *E. nigrum*. Neste trabalho, outras duas leveduras, *Cryptococcus albidus* e *Pichia anomala*, reduziram significativamente o número de lesões. *Cryptococcus albidus* também proporcionou aumento do peso de vagens, demonstrando o potencial dessas leveduras no controle da doença. Entretanto, em experimentos de campo os resultados

não foram consistentes. Leveduras são particularmente interessantes como candidatas ao controle biológico devido à sua ampla utilização na indústria de alimentos e considerável informação a respeito de técnicas de manipulação genética, produção e estocagem de células. Os mecanismos envolvidos no biocontrole por esses organismos, no entanto, não estão totalmente estabelecidos. Competição, parasitismo, predação e produção de antibióticos são os principais mecanismos relatados.

Entre os diversos antagonistas estudados, o fungo *C. minitans* parece ser o que apresenta resultados mais promissores no controle do mofo-branco. Trata-se de um micoparasita altamente especializado em atacar *S. sclerotiorum*. Em experimentos realizados em países de temperatura mais amena, o controle obtido é eficiente, com redução da incidência da doença na cultura do feijão, diminuição do número de escleródios no solo e aumento da produtividade. Esse antagonista é capaz de manter o potencial de inóculo de *S. sclerotiorum* no solo em níveis baixos, como decorrência de sua reprodução natural e da infecção de escleródios. Um isolado de *C. minitans* (LRC 2137) e um de *Epicoccum purpurascens* (LRC 2114) reduziram a incidência de plantas infectadas ou mortas em 56 e 43%, respectivamente, após aplicação por três anos em uma área com alta incidência da doença. Em outro trabalho, aplicações de *C. minitans* garantiram que 78% dos escleródios formados em plantas doentes fossem parasitados, sendo que destes apenas 15% foram considerados viáveis. Em trabalhos conduzidos por cinco anos, houve redução de 90% no número de apotécios (inóculo potencial) em três anos após pulverizações de *C. minitans*, o que representou redução de 50% na incidência da doença no período. O tratamento com *C. minitans* não preveniu os danos e o decréscimo na produção, mas reduziu o potencial de inóculo para os anos subsequentes.

Aplicações preventivas de *C. minitans* antes da ocorrência da doença podem constituir estratégia alternativa à aplicação preventiva de fungicidas, especialmente em culturas com alta densidade de plantas.

Aplicações de suspensões de *C. minitans* sobre os restos de cultura contaminados com *S. sclerotiorum* podem reduzir a disseminação da doença; se em seguida esses restos forem incorporados ao solo, o antagonista pode contribuir para a destruição dos escleródios. O tratamento do solo com suspensão de *C. minitans* associado ao cultivo de plantas não hospedeiras pode ser útil para reduzir o potencial de inóculo de *S. sclerotiorum* no solo.

Contudo, existem dados contraditórios, nos quais *C. minitans* foi ineficiente na redução da incidência da doença em experimentos de campo na Austrália e efetivo somente em um de quatro experimentos conduzidos em Ontário, Canadá. Diferenças na eficiência de *C. minitans* encontradas por diferentes autores podem ser atribuídas a diferenças de isolados, dosagens, formulação, horário e método de aplicação ou, o que é mais importante, as condições agroecológicas que afetam tanto a dinâmica populacional do patógeno como a dos agentes de controle biológico. Essa espécie é resistente à decomposição por luz, porém é altamente sensível a altas temperaturas.

O mecanismo de ação de *C. minitans* está relacionado à sua capacidade de penetrar pelos poros ou por ferimentos nos escleródios, ao mesmo tempo em que libera quitinases e glucanases. A penetração do antagonista no subcórTEX e na medula é inter e intracelular, com produção de corpos de frutificação por meio de reprodução assexuada. O processo de infecção leva ao declínio da célula, em razão do alto potencial osmótico, e ao desprendimento e à degradação da membrana. A temperatura ótima para seu desenvolvimento é de 20-22°C. O crescimento de *C. minitans* é extremamente reduzido em temperaturas elevadas, acima de 30°C, o que pode limitar seu uso em regiões quentes. A busca de linhagens adaptadas às condições de temperaturas mais elevadas é uma alternativa possível.

O uso simultâneo de agentes de controle biológico e de fungicidas é buscado por diversos pesquisadores. A aplicação de fungicida não afetou a capacidade do antagonista *C. minitans* de suprimir os escleródios de *S.*

sclerotiorum. Essa estratégia permitiria a redução das doses dos fungicidas e, conseqüentemente, a diminuição dos impactos negativos sobre o ambiente.

Alguns produtos comerciais à base de *C. minitans*, como Contans, Intercept WG e Koni são utilizados no controle de *S. sclerotiorum* em vários países, mas não no Brasil. Ainda não existem estudos concretos acerca da utilização de *C. minitans* no controle do mofo-branco em condições brasileiras. Aplicações diretamente no solo, visando a reduzir o número de escleródios do patógeno no solo, bem como aplicações direcionadas sobre as plantas estão sendo avaliadas.

Embora estudos tenham demonstrado o potencial promissor do controle biológico do mofo-branco do feijão, essa estratégia ainda não é amplamente utilizada no campo. Entretanto, a demanda pelo uso de isolados de *Trichoderma* no controle de *S. sclerotiorum* no Brasil tem aumentado significativamente. O antagonista se associa aos escleródios de *S. sclerotiorum*, causando sua degradação ou impedindo-os de germinar. Foi observado que a sobrevivência de *S. sclerotiorum* é reduzida no campo por antagonistas, especialmente por isolados de *Trichoderma* associados a escleródios do patógeno nas áreas irrigadas do cerrado.

Espécies de *Trichoderma* prevalecem especialmente em ambientes úmidos e podem ser isoladas de todas as zonas climáticas, incluindo solos de desertos. O desenvolvimento das espécies de *Trichoderma* mais utilizadas como agentes de controle biológico é favorecido por temperaturas mais elevadas, acima de 25°C. Assim, a introdução desses agentes em áreas e/ou épocas de temperaturas amenas pode ser pouco eficiente no controle do mofo-branco. Além da temperatura, a falta de cobertura vegetal e de resíduos orgânicos pode causar maior exposição do solo e do inóculo inicial de *Trichoderma* aos raios solares. Assim, as aplicações com produtos à base de *Trichoderma* são mais eficientes quando feitas em solo contendo matéria orgânica ou palhada e, no caso de feijão, além das aplicações antes da semeadura, é recomendável que as

demais aplicações sejam feitas por volta de 20 dias após a emergência das plantas. Resultados consistentes com o uso de *Trichoderma* no controle do mofo-branco na cultura do feijão foram obtidos, especialmente em regiões onde as temperaturas no outono-inverno são maiores, com a aplicação do antagonista associada ao plantio direto, visando a favorecer seu estabelecimento no solo.

A aplicação de agentes de controle biológico para o controle do mofo-branco em feijão pode ser feita de diversas maneiras, incluindo o tratamento de sementes, a aplicação diretamente no solo ou concentrada no sulco de semeadura e a aplicação sobre as plantas. O tratamento de sementes com agentes de controle biológico é um método amplamente difundido por motivos econômicos e de praticidade, pois o feijão geralmente é cultivado em áreas extensas. Contudo, a aplicação de suspensões contendo propágulos de antagonistas via água de irrigação, diretamente sobre o solo, está sendo cada vez mais utilizada. As aplicações de suspensões de antagonistas no solo permitem que o controle seja realizado na ausência do hospedeiro (antes da semeadura ou após a colheita), com o objetivo de reduzir o potencial de inóculo de *S. sclerotiorum* no solo. Como o estágio de germinação dos escleródios é provavelmente a época em que o fungo é mais vulnerável ao ataque de microrganismos, a aplicação de suspensões de antagonistas nessa época pode ser estratégica, embora as medidas de controle biológico visem, geralmente, aos escleródios dormentes no solo.

Em São Desidério, BA, a aplicação massal de um isolado local de *Trichoderma* (T01-BA) resultou em controle significativo do mofo-branco na cultura do feijão irrigado, em plantio direto sobre palhada de milho. Os experimentos foram conduzidos em seis pivôs centrais de 100 ha cada, cultivados sucessivamente com a cultura do feijão por mais de três anos e com histórico de ocorrência severa de *S. sclerotiorum* e *R. solani*. Em cada pivô, 50 ha foram tratados com o agente de controle biológico e os outros 50 ha no sistema convencional com fungicidas. O *Trichoderma* sp.

foi multiplicado em grãos de milho (concentração 1×10^9 /g de produto) e aplicado via pivô central e no tratamento das sementes, no cultivo de feijão de inverno sobre palhada de milho. Foram feitas quatro aplicações via pivô, sendo a primeira dez dias antes da semeadura, a segunda após a emergência das plântulas, a terceira no florescimento e a última na fase de enchimento dos grãos. Em todas as aplicações, utilizaram-se 10 kg/ha de grãos de milho colonizados pelo antagonista. Observou-se significativo crescimento e multiplicação de *Trichoderma* sobre a palhada de milho e flores e folhas de plantas de feijão caídas ao solo. O tratamento com o agente de controle biológico reduziu significativamente o tombamento de plântulas de feijão e a incidência do mofo-branco já no primeiro ano de aplicação. No segundo ano de cultivo, utilizando-se os mesmos tratamentos nas mesmas áreas, obtiveram-se produtividades médias de 47 sacas por hectare na área tratada com *Trichoderma*, contra 43 sacas na área tratada com duas aplicações de procimidone.

Outros exemplos de utilização de *Trichoderma* em grande escala no Brasil para o controle dessa doença são conhecidos. E, quando manejados adequadamente, os resultados são consistentes e, de forma geral, com custos inferiores ao uso de fungicidas.

A associação do controle biológico a outras estratégias de controle é altamente desejável. A irrigação pode ser manejada no sentido de favorecer o controle biológico. Solos não encharcados, mas com bom teor de umidade, podem favorecer populações de organismos antagônicos e, indiretamente, contribuir para o controle do patógeno. Do mesmo modo, as aplicações de calcário para alterar o pH do solo e o uso de fertilizantes podem contribuir para o favorecimento de populações de antagonistas no solo em detrimento dos patógenos. A rotação com gramíneas e o preparo do solo menos profundo fazem com que os escleródios de *S. sclerotiorum* sejam mantidos na superfície do solo, onde estão mais sujeitos aos ciclos de molhamento e secagem; isso faz com que surjam rachaduras nas paredes dos escleródios, o que os torna suscetíveis ao ataque de vários

microrganismos. O plantio direto pode propiciar melhores condições físicas, químicas e biológicas que favorecem os organismos antagonistas.

6.2 CONTROLE BIOLÓGICO DE *Fusarium* SPP. E *Rhizoctonia solani*

A murcha-de-fusarium, causada por *F. oxysporum* f. sp. *phaseoli* assumiu papel de importância principalmente em áreas cultivadas sob pivô central e onde é praticado o cultivo sucessivo de feijão. No Brasil, são relatadas perdas de até 80% causadas pela doença. As plantas infectadas são identificadas pelo sintoma de murcha ou amarelecimento, ocorrendo perda progressiva da turgescência, amarelecimento, seca e queda das folhas. Esses sintomas ocorrem devido à obstrução do sistema vascular. Um sintoma característico que pode ser observado por meio de um corte longitudinal no caule de plantas de feijão é o escurecimento dos vasos.

Por outro lado, a podridão-seca, causada por *F. Solani*, é uma das doenças mais comuns nas áreas onde se cultiva o feijão. Os sintomas iniciais são listras estreitas, longitudinais e de coloração avermelhada na região do hipocótilo e na superfície da raiz principal. As áreas atacadas tornam-se castanho-avermelhadas com morte das raízes primárias e laterais. Plantas severamente atacadas tornam-se cloróticas, atrofiadas e apresentam desfolha precoce. As perdas causadas por essa doença podem chegar a 50%.

Rhizoctonia solani possui ampla gama de hospedeiros e grande variabilidade genética, sendo considerado um dos principais patógenos de solo, capaz de causar severos danos em várias culturas, incluindo a do feijão. Este fungo pode causar danos de até 60% no rendimento do feijão quando atua formando um complexo com outros patógenos do solo, como *F. solani*. Os sintomas iniciais são lesões circulares de coloração castanho-avermelhada, que se tornam alongadas e deprimidas. Ocorre em pré e pós-emergência de plântulas, podendo causar podridões de se-

mentes, de raízes e do coleto das plantas, culminando no tombamento e consequente redução na densidade de plantas.

Em estudos de campo, observou-se que *T. harzianum* promoveu consistentemente a emergência e o crescimento de plantas em solos infestados com *R. solani*. Além disso, foi observado um aumento na densidade de propágulos de *T. harzianum*, acompanhado de um decréscimo na densidade de *R. solani*.

Mutantes de *Streptomyces corchorusii* foram obtidos por meio de radiação UV para o tratamento de sementes de feijão visando ao controle de *F. solani*. Constatou-se que a imersão das sementes no filtrado do antagonista foi mais eficiente do que em suspensão de esporos do mesmo. Em casa de vegetação, *S. corchorusii* reduziu a incidência de *F. solani* em 83,4% comparado à testemunha, destruindo completamente as hifas do patógeno e promovendo o crescimento das plantas.

Evidências indicam que a presença de micorrizas pode aumentar a resistência das plantas a certos patógenos de raízes, incluindo *Macrophomina phaseolina*, *F. oxysporum* e *R. solani*. A presença de *Glomus mosseae* e *Rhizobium leguminosarum* pv. *phaseoli* em raízes de plantas de feijão reduziu significativamente a incidência de *F. solani* para 77,6 e 34,3%, respectivamente, em casa de vegetação quando comparada a tratamentos sem micorrizas. Todavia, na presença de *R. leguminosarum* não se verificou redução significativa nos propágulos de *F. solani* no solo. De forma geral, *G. mosseae* e *R. leguminosarum*, isoladamente ou em combinação, reduziram a incidência de *F. solani*.

A inoculação das plantas com fungos simbióticos reduziu a severidade e os sintomas causados por patógenos como *S. rolfii*, *Verticillium albo-atrum* e *F. oxysporum*. Raízes com micorrizas são consideradas mais lignificadas, possuem maior conteúdo de polissacarídeos e exibem maior atividade quitinolítica. Similarmente, *Rhizobium* produz rhizobitoxina, que é responsável pela restrição da invasão de fungos parasitas nos tecidos.

A combinação de agentes de controle biológico (*B. subtilis* isolados GBO3 e MBI600) com inoculante à base de *Rhizobium* proporcionou redução significativa de *S. rolfisii*, *V. albo-atrum* e *F. oxysporum*, com incrementos na produtividade em soja e feijão de sequeiro.

A eficiência de espécies não patogênicas multinucleadas e binucleadas de *Rhizoctonia* no controle de doenças radiculares causadas por *R. solani* e espécies de *Pythium* foi demonstrada por diversos autores. Há relatos de vários isolados não patogênicos de *Rhizoctonia* binucleada, pertencentes aos grupos de anastomoses AG-A, AG-B(a), AG-B(o), AG-G, AG-K e AG-P, protegendo diversas culturas, incluindo o feijão, contra tombamento e doenças radiculares causadas por *R. solani*. Alguns estudos demonstraram que a supressão pode ser atribuída a dois mecanismos: 1 - competição dos isolados não patogênicos com os patogênicos pelos sítios de infecção e 2 - indução sistêmica de resistência. A inoculação de sementes de feijão com o isolado não patogênico 232-CG (AG-G) induziu a resistência sistêmica, protegendo as raízes do ataque de *R. solani* (AG-4) e *Colletotrichum lindemuthianum* nas folhas. Em adição, promoveu significativo aumento de peroxidases, β 1,3-glucanases e quitinases, em comparação com plantas atacadas, e esse aumento apresentou correlação negativa com a incidência da doença.

Em casa de vegetação, plantas de feijão tratadas com isolados não patogênicos de *Rhizoctonia* e posteriormente inoculadas com *R. solani* apresentaram reduzidos sintomas da doença. Por meio de estudos histoquímicos e citoquímicos, verificou-se que houve deposição de compostos fenólicos (suberina e pectina) na parede da epiderme e nas camadas mais externas das células corticais do hipocótilo nas plantas tratadas com isolados não patogênicos de *Rhizoctonia*. Essa deposição sugere a formação de uma barreira físico-química contra a invasão da hifa de *R. solani*. Os autores concluíram que o pré-tratamento de sementes de feijão com o isolado não patogênico 232-CG garantiu proteção contra danos causados por *R. solani* (AG-4).

Em um estudo desenvolvido em área irrigada por pivô central (Fazenda São Jacó, Distrito Federal) com a cultivar Pérola de feijão, uma formulação à base de *T. harzianum* (Trichodermil SC, Itaforte Bioprodutos Ltda.), contendo $2,0 \times 10^{12}$ conídios/L, aplicada no sulco de semeadura (800 mL/ha), reduziu em até 83% o número de propágulos de *R. solani* no solo após 30 dias, em comparação com um aumento de mais de duas vezes em áreas que não foram tratadas. O fungo também foi capaz de reduzir a densidade de *F. solani* no solo em até 67%, justamente na fase até o pré-florescimento, em que as podridões-radiculares causam os maiores danos às raízes, definindo perdas irreversíveis na produção. Com o tratamento com *Trichoderma* ocorreu desenvolvimento mais vigoroso das plantas e incremento de produtividade da cultura. Nas áreas sem tratamento ou com o tratamento químico de sementes observou-se um aumento na população dos fitopatógenos. Análises do solo indicaram um aumento da população de *Trichoderma*, o que evidencia o seu estabelecimento e multiplicação, aos 30 dias após a sua aplicação no solo. Esse aumento na fase inicial do ciclo da cultura é uma provável explicação para o sucesso do controle biológico dos patógenos habitantes do solo.

O sucesso do controle biológico depende das condições em que o antagonista é aplicado, onde sua eficiência será maior se o ambiente em questão for favorável ao seu desenvolvimento. O equilíbrio nutricional da planta, a manutenção da estrutura do solo, o controle adequado da irrigação e o uso de produtos químicos seletivos são fatores importantes.

6.3 CONTROLE BIOLÓGICO DE *Macrophomina phaseolina*

Macrophomina phaseolina pode atacar a cultura do feijão em qualquer estágio de desenvolvimento. Os prejuízos com a doença estão ligados às condições climáticas, principalmente ao estresse hídrico. O patógeno ataca mais de 500 espécies de plantas e tem ocorrência mundial. Os sintomas iniciais são lesões deprimidas no caule, na base dos cotilédones

ou mesmo nos cotilédones. O progresso da lesão pode ser muito rápido, envolvendo totalmente o caule.

Isolados de *Rhizobium japonicum*, capazes de produzir rhizobitoxina, protegeram plantas de soja contra infecções causadas por *M. phaseolina*. *Rhizobium phaseoli* ou *Bradyrhizobium japonicum*, inibindo parcialmente o desenvolvimento de *M. phaseolina* na cultura do feijão. *Burkholderia cepacia* (UFPR 5C) apresentou forte antagonismo em laboratório. Esses resultados foram posteriormente confirmados quando essa bactéria inibiu diversos patógenos, incluindo *M. phaseolina*. Em sementes de feijão inoculadas com *Pseudomonas cepacia*, observou-se redução de 71% na severidade da podridão-cinzenta-do-caule em condições de casa de vegetação. A utilização do antagonista não afetou a população de *Rhizobium*, sendo esta uma importante característica para a formulação comercial de um biofungicida.

6.4 CONTROLE BIOLÓGICO DE *Sclerotium rolfsii*

Sclerotium rolfsii, causador da podridão-do-colo, ataca mais de 200 espécies de plantas. No Centro-Oeste brasileiro, o patógeno participa do complexo de podridões-radiculares, juntamente com *R. solani* e *F. solani*. Os primeiros sintomas são lesões cinzas e aquosas na região do colo das plantas. As lesões progridem adquirindo coloração castanha e chegando até a raiz principal, onde pode destruir o córtex. Os sintomas nas folhas são amarelecimento e desfolha. É comum encontrar o micélio com estruturas pardas, que são os escleródios, aderidos à planta ou sob o solo.

A eficiência de *Trichoderma* em controlar *S. rolfsii* em condições de laboratório é amplamente divulgada. Em condições de campo, alguns trabalhos demonstram a eficiência desse antagonista, que pode ser uma alternativa no manejo integrado da doença pelas vantagens que apresenta, como, por exemplo, ser atóxico, não contaminar o ambiente e apresentar custo menor do que fungicidas. Em condições experimentais, um isolado

de *T. harzianum* limitou significativamente as perdas causadas por *S. rolfsii* e incrementou os rendimentos por um período de três anos, sendo o controle equivalente ao PCNB.

Rizobactérias promotoras de crescimento e de proteção de plantas são capazes de hidrolisar paredes de células de fungos fitopatogênicos e podem ser utilizadas como agentes de controle biológico. *Serratia marcescens* isolada de raízes de plantas crescidas em solo infestado com *S. rolfsii* mostraram eficiência na redução do patógeno (75%) e de *R. solani* (50%) em condições de casa de vegetação. A degradação parcial da hifa de *S. rolfsii* foi observada por microscopia eletrônica de varredura. A quitinase é uma das enzimas chave na degradação de paredes celulares de fungos. Essa enzima cataliza a hidrólise da quitina, o maior componente estrutural de muitas paredes de fungos. Vários organismos produzem quitinase, incluindo plantas e microrganismos. Em plantas, a enzima é produzida e acumulada em resposta a infecções por microrganismos e está envolvida no mecanismo de defesa. Em testes com um isolado de *Aeromonas caviae*, rizobactéria quitinolítica, obteve-se 60% de redução na incidência *S. rolfsii* na cultura do feijão e 78% e 57% na redução de *R. solani* e *F. oxysporum* na cultura do algodão, respectivamente. A bactéria não reduziu a incidência de *Pythium aphanidermatum* na cultura do pepino, possivelmente por conta de o fungo não possuir quitina como componente estrutural em suas paredes celulares.

6.5 CONTROLE BIOLÓGICO DE *Uromyces appendiculatus*

A ferrugem da cultura do feijão é causada pelo fungo biotrófico *Uromyces appendiculatus*, que possui ciclo de vida completo (macrocíclica) e produz cinco tipos de esporos: uredóspero, telióspero, basidiósporos, picniósporos e aeciósporos. O patógeno ataca principalmente folhas, podendo também atacar hastes e vagens. Inicialmente, os sintomas aparecem na forma de manchas esbranquiçadas e levemente salientes. Após alguns dias do aparecimento dessas manchas, a epiderme se

rompe expondo os uredósporos, que apresentam coloração ferruginosa. Durante o ciclo da cultura, *U. appendiculatus* pode apresentar diversas gerações, de forma que uma planta infectada no início do seu ciclo servirá como fonte de inóculo para infecções posteriores no mesmo ciclo de cultivo. Além do controle químico, a utilização de cultivares resistentes tem recebido atenção dos pesquisadores por ser um método eficiente, seguro, barato e acessível a produtores de qualquer nível econômico.

A utilização de bactérias do filoplano, como *Bacillus* constitui-se em uma boa opção para o controle dessa doença. Essas bactérias são adaptadas a condições adversas e produzem substâncias fungicidas e bactericidas. O controle biológico da ferrugem com *Bacillus subtilis* foi estudado por diversos autores, que encontraram efeito inibidor do isolado APPL-1 no desenvolvimento de pústulas, constatando até 95% de redução quando a suspensão bacteriana foi aplicada antes da inoculação. Em casa de vegetação, verificou-se redução superior a 95% no número de pústulas da ferrugem da cultura do feijão com a aplicação de *B. subtilis*, *Bacillus* sp. e *Arthrobacter* sp. Em testes de campo, observou-se a redução de 75% na severidade da ferrugem, quando *B. subtilis* foi aplicado três vezes por semana, igualando-se ao controle do fungicida mancozeb com uma aplicação semanal.

Pulverizações de 10.000 ppm de metabólitos produzidos por *B. subtilis* (isolado AP-3) nas folhas primárias de plantas de feijão da cultivar Carioquinha 24 horas após a inoculação de uredósporos de *U. appendiculatus* reduziram significativamente o número de pústulas formadas e a germinação de uredósporos de *U. appendiculatus*. Isolados de *B. subtilis*, antagonistas a *Pyricularia oryzae*, foram também antagonistas a *U. appendiculatus*, o mesmo ocorrendo com os isolados do antagonista originários do filoplano da cultura do feijão. Esses isolados de *B. subtilis* reduziram a germinação *in vitro* de uredósporos de *U. appendiculatus* e o número de pústulas da ferrugem em condições de casa de vegetação.

Há vários produtos comerciais à base de *B. subtilis* e outras espécies como *Bacillus pumilus*. Esses produtos são recomendados para diversas doenças, incluindo ferrugens em leguminosas (soja e feijão) e café. No Brasil, produtos com esses princípios ativos estão em desenvolvimento e dessa forma poderão, em breve, ser utilizados para o controle desses patógenos.

Verticillium lecanii (sin. *Lecanicillium lecanii*) é um fungo parasita de insetos, aracnídeos e pústulas de várias espécies de ferrugens, inclusive a da cultura do feijão. Em um estudo, a maior produção de feijão foi obtida nos tratamentos pulverizados com *V. lecanii* ao mesmo tempo em que o patógeno foi inoculado. Pulverizações desse antagonista em plantas com a ferrugem esporulando evitaram a reinfecção nas plantas e reduziram consideravelmente a esporulação do patógeno.

Espécies de *Cladosporium* são frequentemente encontradas junto à microflora do filoplano associada às ferrugens e afetam a esporulação e a dispersão desses patógenos. O antagonismo é devido principalmente à antibiose durante a germinação dos uredósporos e ao parasitismo direto. *Cladosporium tenuissimum* é um habitante da rizosfera e do filoplano e pode viver como saprófita ou patógeno facultativo. Filtrados de cultura do fungo inibiram a germinação dos aeciósporos de *U. appendiculatus* e controlaram a doença em casa de vegetação. Todos os isolados testados demonstraram habilidade em produzir uma série de substâncias com atividade sobre o patógeno. Em investigações preliminares, o cladosporol e dois componentes adicionais inibiram a germinação de *U. appendiculatus* e *Puccinia recondita*. Entretanto, a aplicação de suspensão de conídios não preveniu o desenvolvimento da ferrugem, demonstrando que o micoparasitismo não foi rápido o suficiente para suprimir a infecção.

Apesar de relatos de vários antagonistas a *U. appendiculatus* não é relatado o uso comercial desses bioagentes para o controle da ferrugem em condições de cultivo na cultura do feijão. No entanto, essa é uma doença com potencial de uso de agentes de biocontrole. Como a ocorrência da

doença é normalmente mais importante durante um curto período, que vai do pré-florescimento ao florescimento da cultura, aplicações concentradas apenas nesses estádios de desenvolvimento da cultura podem ser suficientes. Possivelmente, isso não ocorre tanto devido à existência de cultivares com resistência à doença, quanto devido ao uso de fungicidas visando a outras doenças da parte aérea da planta de feijão e com controle também sobre a ferrugem. Esse aspecto demonstra a importância de selecionar agentes de biocontrole de doenças da parte aérea da cultura do feijão que sejam efetivos sobre mais do que uma doença.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar da disponibilidade de diversos produtos biológicos para o controle de doenças da cultura do feijão, sua utilização ainda é restrita, sendo basicamente utilizados para o controle do mofo-branco e, adicionalmente, de outros patógenos do solo. Vários fatores contribuem para a adoção limitada do controle biológico na cultura, sendo o principal aquele relacionado à tradição dos agricultores e dos agentes de extensão rural (oficiais e privados), que utilizam e ou recomendam exclusivamente agrotóxicos devido à facilidade de uso e à eficiência desses produtos químicos. Outros fatores incluem a formação dos técnicos de assistência técnica e extensão rural voltada à recomendação de agrotóxicos para a solução dos problemas fitossanitários, além do papel das indústrias de agrotóxicos na assistência técnica aos produtores. Todavia, devido à não solução dos problemas com patógenos de solo por meio de fungicidas, diversas empresas agrícolas iniciaram a utilização do controle biológico em associação com práticas de manejo, em substituição ao uso de fungicidas para o controle principalmente do mofo-branco. O sucesso dessas empresas, que conseguiram voltar a cultivar feijão em pivôs condenados pelo patógeno, serve de exemplo para outros produtores.

As instituições de pesquisas e os órgãos de fomento possuem uma considerável responsabilidade no que tange à adoção limitada do controle

biológico e das técnicas alternativas para o controle de problemas fitossanitários. É preciso que haja um aumento no número de profissionais dedicados a esses métodos de controle e no fornecimento recursos, para que a Fitopatologia possa dar maior contribuição à sustentabilidade ambiental e social da agricultura brasileira.

Há também necessidade de se estabelecer formas eficientes para que o conhecimento sobre o controle biológico e técnicas alternativas sejam socializados e passem a ser utilizados pelos agricultores.

O aumento do uso de métodos alternativos depende do conhecimento da estrutura e do funcionamento do agroecossistema. O conceito absoluto de agricultura sustentável pode ser impossível de ser obtido na prática. Contudo, é função da pesquisa e da extensão oferecer opções para que sistemas mais sustentáveis sejam adotados. Para tanto, os projetos de pesquisa pontuais e de curta duração são de pouca utilidade. Somente estudos que incluam o monitoramento de sistemas de produção nas diferentes áreas do conhecimento fornecerão informações suficientes para o entendimento das diferentes interações. Assim, apenas a substituição de fungicidas não é suficiente para garantir uma agricultura mais limpa. Há necessidade de se redesenhar os sistemas de produção para atingir a sua sustentabilidade. Nesse sentido, diversos exemplos vêm sendo apresentados para a comunidade.

O processo evolutivo para a conversão dos agroecossistemas em sistemas agrícolas de alto grau de sustentabilidade possui duas fases distintas: 1) melhora da eficiência do sistema convencional, com a substituição dos insumos e das práticas agrícolas; e 2) redesenho dos sistemas agrícolas. A primeira fase vem sendo trabalhada de forma relativamente organizada, com a redução do uso de insumos, controle e manejo integrado, técnicas de cultivo mínimo do solo, previsão da ocorrência de pragas e doenças, controle biológico, variedades adequadas, uso de feromônios, integração de culturas, cultivos em faixa ou intercalados, desenvolvimento de técnicas de aplicação que visem apenas ao alvo e

conscientização dos consumidores, entre outros. Em relação ao redesenho dos sistemas agrícolas, há a necessidade de se conhecer a estrutura e o funcionamento dos diferentes sistemas, seus principais problemas e, conseqüentemente, desenvolver técnicas limpas para solucioná-los. Devido à complexidade dessa tarefa, esforços vêm sendo realizados por diferentes correntes de pesquisa, mas todas consideram a mínima dependência externa de insumos, a biodiversidade, o aproveitamento dos ciclos de nutrientes, a exploração das atividades biológicas, o uso de técnicas não poluentes, o reaproveitamento de todos os subprodutos e a integração do homem no processo. Essa forma de agricultura vem sendo denominada agricultura alternativa, onde diferentes correntes se destacam: agricultura orgânica, agricultura ecológica, agricultura natural, agricultura biodinâmica, etc.

Para a cultura do feijão, bem como para outras culturas, prevemos que o controle biológico assuma um importante papel no controle dos patógenos veiculados pelo solo já nesta década, pois com o registro de produtos biológicos junto aos órgãos competentes, tendo como princípio ativo *Trichoderma* e *B. subtilis*, os agricultores terão esses produtos disponíveis para substituir os fungicidas. No caso dos patógenos da parte aérea da cultura do feijão, ainda é necessário buscar agentes de biocontrole efetivos que possam ser produzidos com baixo custo.

TABELA 1 – Exemplos de produtos biológicos comercializados para o controle biológico de patógenos do solo que podem atacar a cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris*).

(continua)				
Antagonista	Produto	Fabricante	Patógeno controlado	Informações
<i>Bacillus subtilis</i>	HiStick N/T	Becker Underwood Inc.	<i>Fusarium</i> spp., <i>Rhizoctonia solani</i>	http://www.beckerunderwood.com
	Kodiak	Gustafson, Inc.	<i>Fusarium</i> spp., <i>R. solani</i>	http://www.gustafson.com
	Rhizo-Plus	KFZB Biotechnik GmbH	<i>Fusarium</i> spp., <i>R. solani</i> , <i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	http://home.fhtw-berlin.de/~s0217925/biofzb/
	Subtilex	Becker Underwood	<i>Fusarium</i> spp., <i>Pythium</i> spp., <i>R. solani</i>	http://www.beckerunderwood.com
<i>B. subtilis</i> , <i>Bacillus licheniformis</i> , <i>Bacillus megaterium</i>	Companion	Growth Products	<i>Fusarium</i> spp., <i>Pythium</i> spp., <i>R. solani</i>	http://www.growthproducts.com
	YiedShield	Gustafson, Inc.	Patógenos do solo que causam podridões	http://www.gustafson.com
<i>Burholderia cepacia</i>	Deny	Stine Microbial Products	<i>Fusarium</i> spp., <i>Pythium</i> spp., <i>R. solani</i>	http://www.helenachemical.com
	Intercept	Soil Technologies Corp.	<i>Fusarium</i> spp., <i>Pythium</i> spp., <i>R. solani</i>	http://www.soiltechcorp.com
<i>Coniothyrium minitans</i>	Contans WG	Prophyta Biologischer Pflanzenschutz GmbH	<i>S. sclerotiorum</i>	http://www.prophyta.com
	Intercept WG	Prophyta Biologischer Pflanzenschutz GmbH	<i>S. sclerotiorum</i>	http://www.prophyta.com

(continuação)

Antagonista	Produto	Fabricante	Patógeno controlado	Informações
	Koni	BIOVED, Ltd.	<i>S. sclerotiorum</i>	http://www.bioved.hu
<i>Gladiolium catenulatum</i>	Primastop	Kemira Agro Oy	Patógenos do solo que causam murchas e podridões	http://www.kemira.com
<i>Gladiolium virens</i>	Glio Gard	Certis, Inc.	<i>Pythium</i> spp., <i>R. solani</i>	http://www.certisusa.com
	Soil Guard	Certis, Inc.	Patógenos que causam tombamento	http://www.certisusa.com
<i>Gladiolium</i> spp.	Gliomix	Verdera Oy	podridões	http://www.verdera.fi
<i>Pythium oligandrum</i>	Polyversum	Biopreparaty Ltd.	<i>Fusarium</i> spp., <i>Pythium</i> spp., <i>R. solani</i>	http://www.biopreparaty.cz
<i>Streptomyces griseoviridis</i>	Mycostop	Kemira Agro Oy	<i>Fusarium</i> spp., <i>Pythium</i> spp.	http://www.kemira.com
<i>Streptomyces lydicus</i>	Actinovate	Natural Industries, Inc.	Patógenos do solo em geral	http://www.naturalindustries.com/index.htm
<i>Trichoderma harzianum</i>	Plant Shield	Bioworks, Inc.	<i>Fusarium</i> spp., <i>Pythium</i> spp., <i>R. solani</i>	http://www.bioworksbiocontrol.com
	Root Pro	Efal Agri	<i>Fusarium</i> spp., <i>Pythium</i> spp., <i>R. solani</i> , <i>Sclerotium rolfsii</i>	http://www.efal.com
	RootProtato	Efal Agri	<i>Fusarium</i> spp., <i>Pythium</i> spp., <i>R. solani</i> , <i>Sclerotium rolfsii</i>	http://www.efal.com
	RootShield	Bioworks, Inc.	<i>Fusarium</i> spp., <i>Pythium</i> spp., <i>R. solani</i>	http://www.bioworksbiocontrol.com

(conclusão)

Antagonista	Produto	Fabricante	Patógeno controlado	Informações
	T-22G (F-Stop)	BioWorks, Inc.	<i>Fusarium</i> spp., <i>Pythium</i> spp., <i>R. solani</i> .	http://www.bioworksbiocontrol.com
	T-22 Planter Box	BioWorks, Inc.	<i>Fusarium</i> spp., <i>Pythium</i> spp., <i>R. solani</i>	http://www.bioworksbiocontrol.com
	Trichodermil	Itaforfe BioProdutos	<i>Fusarium</i> spp., <i>R. solani</i> , <i>S. sclerotiorum</i>	http://www.itaforfebioproductos.com.br
	Trichodex	Makhteshim Chemical Works, Ltd.	<i>S. sclerotiorum</i>	http://www.makhteshim.co.il
	TurfShield	BioWorks, Inc.	<i>Fusarium</i> spp., <i>Pythium</i> spp., <i>R. solani</i>	http://www.bioworksbiocontrol.com
<i>Trichoderma harzianum</i> + <i>Trichoderma viride</i>	Trichopel	Agrimm Technologies, Ltd.	<i>Fusarium</i> spp., <i>Pythium</i> spp., <i>R. solani</i>	http://www.agrimm.co.nz
<i>T. viride</i>	Trieco	Ecosense Labs Pvt. Ltd.	<i>Fusarium</i> spp., <i>Pythium</i> spp., <i>R. solani</i>	http://www.ecosense.com
<i>Trichoderma</i> spp.	BioFungus	BioPlant	<i>S. sclerotiorum</i> , <i>R. solani</i> , <i>Pythium</i> spp., <i>Fusarium</i> spp.	http://www.bioplant.dk
	Supresivit	BioPlant	<i>S. sclerotiorum</i> , <i>R. solani</i> , <i>Pythium</i> spp., <i>Fusarium</i> spp.	http://www.bioplant.dk
	Binab	Binab	Patógenos do solo que causam murchas e podridões	http://www.algonet.se/~binab/in-dex2.html

8 REFERÊNCIAS

ABAWI, G. S. Pudriciones radicales. In: PASTOR-CORRALES, M. A.; SCHWARTZ, H. F.; (Eds.). **Problemas de producción del Frijol en los trópicos**. Cali, Colômbia: CIAT, 1994.

_____.; GROGAN, R. G. Epidemiology of diseases caused by *Sclerotinia* species. **Phytopathology**, v. 69, p. 899-890, 1979.

ADAMS, P. B. The potential of mycoparasites for biological control of plant diseases. **Annual Review of Phytopathology**, v. 28, p. 59-72, 1990.

_____.; AYRES, W. A. Ecology of *Sclerotinia* Species. **Phytopathology**, St. Paul, v. 69, p. 896-899, 1979.

AHMED, A. H. M.; TRIBE, H. T. Biological control of white rot of onion (*Sclerotium cepivorum*) by *Conyothirium minitans*. **Plant Pathology**, v. 26, p. 75-78, 1977.

ALUKO, M. O.; HERING, T. F. The mechanism associated with the antagonistic relationship between *Corticium solani* and *Gliocladium virens*. **Trans. Br. Mycol. Soc.**, v. 55, p. 173-179, 1970.

ANDERSON, T. R.; PATRICK, Z. A. Mycophagous amoeboid organisms from soil that perforate spores of *Thielaviopsis basicola* and *Cochliobolus sativus*. **Phytopathology**, v. 68, p. 1618-1626, 1978.

ANDERSON, T. R.; PATRICK, Z. A. Soil vampyrellid amoebae that cause small perforations in conidia of *Cochliobolus sativus*. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 12, p. 159-167, 1980.

ANGUIZ, R.; MARTIN, C. Anastomosis groups, pathogenicity and other characteristics of *Rhizoctonia solani* isolated from potatoes in Peru. **Plant Disease**, v. 37, p. 199-201, 1989.

ARANCIBIA, R. C. et al. Density, viability and frequency of fungi associated to sclerotia of *Sclerotinia sclerotiorum* in irrigated areas of the cerrado (savanna) region of Brazil. **Fitopatologia Brasileira**, v. 26, p. 338-339, 2001.

ARRENDAL, R. F. et al. Characterization of the amino-acids of antifungal peptides from *Bacillus subtilis* by cold on-column injection capillary GC/MS. **Journal Microbiology Methods**, v. 8, p. 249-257, 1988.

ASSANTE, G. et al. Histological studies on the mycoparasitism of *Cladosporium tenuissimum* on urediniospores of *Uromyces appendiculatus*. **Mycological Research**, v. 108, n. 2, p. 170-182, 2004.

AZIZ, N. H. et al. Influence of bean seedling root exsudates on the rhizosphere colonization by *Trichoderma lignorum* for the control of *Rhizoctonia solani*. **Botanical Bulletin of Academia Sinica**, v. 38, p. 33-39, 1997.

BAKER, C. J. et al. Inhibitory effect of *Bacillus subtilis* on *Uromyces phaseoli* and on development of rust pustules on bean leaves. **Phytopathology**, v. 73, p. 1148-1152, 1983.

BAKER, C. J.; STAVELY, J. R.; MOCK, N. Biocontrol of bean rust by *Bacillus subtilis* under field conditions. **Plant Disease**, v. 69, p. 770-772, 1985.

BAKER, K. F.; COOK, R. J. **Biological control of plant pathogens**. San Francisco: Freeman and Company, 1974.

BARROS, S. T. et al. Hyperparasitism of *Cladosporium uredinicola* over *Puccinia puta* on the host *Ipomoea fistulosa*. **Mycologist**, v. 13, p. 23-24, 1999.

BATSON J. R. et al. Evaluation of biological seed treatments for control of seedling diseases of snap bean, 1999. **Biol. Cult. Tests**, v. 15, p. 149-150, 2000.

BERGAMIN FILHO, A. Conceitos e objetivos. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. **Manual de fitopatologia: princípios e conceitos**. 2. ed. São Paulo: Ceres, 1995.

BERNARDES, A. **Intensidade do mofo-branco do feijoeiro em função da densidade de plantio e da aplicação de *Trichoderma* spp.** Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.

BERNARDO, E. R. A. et al. Aplicação de *Trichoderma* sp. no controle de *Sclerotinia sclerotiorum* e *Rhizoctonia solani* em cultivo de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) sob pivô central no oeste da Bahia. In: SIMPÓSIO DE CONTROLE BIOLÓGICO, 8., 2003, São Pedro. **Anais...** Piracicaba: Sociedade Entomológica do Brasil, 2003.

BERRY, L. A.; JONES, E. E.; DEACON, J. W. Interaction of the mycoparasite *Pythium oligandrum* with others *Pythium* species. **Biocontrol Science and Technology**, v. 3, p. 247-260, 1993.

BETTIOL, W.; BRANDÃO, M. S.; SAITO, M. L. Control of bean rust with extracts and wettable powder of *Bacillus subtilis*. **Summa Phytopathologica**, v. 18, p. 153-159, 1992.

BETTIOL, W.; GHINI, R. Proteção de plantas em sistemas agrícolas alternativos. In: CAMPANHOLA, C.; BETTIOL, W. **Métodos alternativos de controle fitossanitário**. Jaguariúna, Embrapa, 2003.

BIANCHINI, A.; MARINGONI, A. C.; CARNEIRO, S. M. T. P. G. Doenças do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). In: KIMATI, H. et al. **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. São Paulo: Ceres, 1997.

BIRD, G. W. et al. Design of pest management systems for sustainable agriculture. In: FRANCIS, C. A.; FLORA, C. B.; KING, L. D. (Eds.). **Sustainable agriculture in temperate zones**. New York: John Wiley, 1990.

BOLAND, G. J. Stability Analysis for Evaluating the Influence of Environment on Chemical and Biological Control of White Mold (*Sclerotinia sclerotiorum*) of Bean. **Biological Control**, v. 9, p. 7-14, 1997.

BOLLER T. et al. Chitinase in bean leaves: induction by ethylene, purification, properties and possible function. **Planta**, v. 157, p. 22-31, 1983.

BOWERS, J.; PARKE, J. Epidemiology of *Pythium* damping-off and *Aphanomyces* root rot of peas after seed treatment with bacterial agents for biological control. **Phytopathology**, v. 83, p. 1466-1473, 1993.

BRIMNER, T. A.; BOLAND, G. J. A review of the non-target effects of fungi used to biologically control plant diseases. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 100, p. 3-16, 2003.

BUCK, J. W. In vitro antagonism of *Botrytis cinerea* by phylloplane yeasts. **Canadian Journal of Botany**, v. 80, p. 885-891, 2002.

BUDGE, S. P. et al. Use of *Coniothyrium minitans* and *Gliocladium virens* for biological control of *Sclerotinia sclerotiorum* in glasshouse lettuce. **Biological Control**, v. 5, p. 513-522, 1995.

BUDGE, S. P.; WHIPPS, J. M. Glasshouse trials of *Coniothyrium minitans* and *Trichoderma* species for the biological control of *Sclerotinia sclerotiorum* in celery and lettuce. **Plant Pathology**, v. 40, p. 59-66, 1991.

BUDGE, S.; WHIPPS, J. M. Potential for integrated control of *Sclerotinia sclerotiorum* in glasshouse lettuce using *Coniothyrium minitans* and reduced fungicide application. **Biological Control**, v. 91, p. 221-227, 2001.

CARDOSO, J. E.; SILVA, S. A. G.; MARQUES, E. E. Controle químico e biológico das podridões-radiculares do feijoeiro-comum. **Fitopatologia Brasileira**, v. 22, n. 1, p. 1-4, 1997.

CASSIOLATO, A. M. R. Effects of *Coniothyrium minitans* on carpogenic germination and viability of *Sclerotinia sclerotiorum* sclerotia. **Fitopatologia Brasileira**, v. 23, p. 474-476, 1998.

CENTURION, M. A. P. C. **Seleção de micro-organismos antagônicos à ferrugem (*Uromyces phaseoli* (Reben. Wint.) do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.)).** Tese (Doutorado em Agronomia/Fitopatologia) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1990.

CHAKRABORTY, S. Population dynamics of amoebae in soils suppressive and non-suppressive to wheat take all. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 15, p. 661-664, 1983.

_____. Survival of wheat take-all fungus in suppressive and non-suppressive soils. **Pedobiologia**, v. 28, p. 13-18, 1985.

_____.; CHAKRABORTY, B. N. Interactions of *Rhizobium leguminosarum* and *Fusarium solani* f. sp. *pisi* on pea affecting disease development and phytoalexin production. **Canadian Journal of Botany**, v. 67, p. 1698-1702, 1989.

_____.; PURKAYASTHA, R. P. Role of rhizobitoxine in protecting soybean roots from *Macrophomina phaseolina* infection. **Canadian Journal of Microbiology**, v. 30, p. 285-289, 1984.

CHANDRA, S. VA mycorrhiza of its application. **Indian Phytopathology**, v. 45, p. 91-406, 1992.

CHET, I. et al. Mechanisms of biocontrol of soil-borne plant pathogens by *Rhizobacteria*. **Plant and Soil**, v. 129, n. 1, p. 85-92, 1990.

CHET, I.; HENIS, Y. Sclerotial morphogenesis in fungi. **Annual Review of Phytopathology**, v. 13, p. 169-192, 1975.

CHRISTIANSEN, K. Bionomics of Collembola. **Annual Review of Entomology**, v. 9, p. 147-178, 1964.

COOK, D. W. M. et al. Attachment microbes antagonistic against *Botrytis cinerea* – biological control and scanning electron microscope studies in vivo. **Annual Applied Biology**, v. 131, p. 503-518, 1997.

COOK, R. J. Biological control of the pathogens: theory to application. **Phytopathology**, v. 75, n. 1, p. 25-29, 1985.

_____.; BAKER, K. F. **The nature and practice of biological control of plant pathogens**. St. Paul: APS, 1983.

_____.; ROVIRA, A. D. The role of bacteria in the biological control of *Gaeumannomyces graminis* by suppressive soils. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 8, p. 269-273, 1976.

COSTA, H. et al. **Murcha-de-fusarium do feijão**. Vitória: EMBRAPA, 1993. (Comunicado Técnico, 69).

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

COSTAMILAN, L. M.; LHAMBY, J. C. B.; BONATO, E. R. Sobrevivência de fungos necrotróficos em restos de cultura de soja, em sistema de plantio direto. **Fito-patologia Brasileira**, v. 24, p. 175-177, 1999.

CURL, E. A. et al. Effects of soil insects on populations and germination of fungal propagules. In: PARKER, C. A. et al. (Eds.). **Ecology and management of soilborne plant pathogens**. St. Paul: APS, 1985.

DATH, A. P. Infectivity and viability of different inocula used for *Rhizoctonia solani* inoculation in upland rice. **India Journal of Phytopathology**, v. 41, p. 136-141, 1988.

DE JENSEN, E. C.; PERCICH, J. A.; GRAHAM, P. H. Integrated management strategies of bean root rot with *Bacillus subtilis* and *Rhizobium* in Minnesota. **Field Crops Research**, v. 4, n. 2, p. 107-115, 2002.

DEHNE, H. W.; SCHONBECK, F. The influence of endophytic mycorrhiza on plant diseases II. Phenol metabolism and lignification. **Phytopathology**, v. 95, p. 210-216, 1979.

DESHPANDE, G. D. Susceptible stages of cucumber to post-emergence damping-off and fungicidal efficacy against *Pythium ultimum* Trow. **Indian Journal of Mycology and Plant Pathology**, v. 163, n. 3, p. 326-328, 1986.

DHAL, N. K. et al. Etiology of mycoflora causing blossom-end rot of tomato. **Indian Phytopathology**, n. 50, p. 587-592, 1997.

DWIVEDI, R. S. Role of soil amoebae in take-all decline of wheat. **Indian Phytopathology**, v. 39, p. 550-560, 1986.

EL-ABYAD, M. A.; EL-BATANOUNY, N. H. Inhibitory effects of UV of *Streptomyces corchorusii* and *Streptomyces spiroverticillatus* on bean and banana wilt pathogens. **Canadian Journal of Botany**, v. 71, p. 1080-1086, 1993.

ELAD, Y. et al. Parasitism of *Trichoderma* spp. on *Rhizoctonia solani* and *Sclerotium rolfsii* on electron microscopy and fluorescence microscopy. **Phytopathology**, v. 73, p. 85, 1983.

ELAD, Y.; BAKER, R. The role of competition for iron and carbon in suppression of chlamydospore germination of *Fusarium* spp. by *Pseudomonas* spp. **Journal of Phytopathology**, n. 75, p. 1053-1059, 1985.

ELAD, Y.; CHET, I. Possible role of competition for nutrients in biocontrol of *Phytium* damping-off by bacteria. **Journal of Phytopathology**, v. 77, p. 190-195, 1987.

ELAD, Y.; CHET, I.; HENIS, Y. Degradation of plant pathogenic fungi by *Trichoderma harzianum*. **Canadian Journal of Microbiology**, v. 28, p. 719-725, 1982.

ELAD, Y.; CHET, I.; KATAN, J. *Trichoderma harzianum*: a biocontrol effective against *Sclerotium rolfsii* and *Rhizoctonia solani*. **Phytopathology**, v. 70, p. 119-121, 1980.

ELAD, Y.; LIFSHITZ, R.; BAKER, R. Enzymatic activity of the mycoparasite *Pythium nunn* during interaction with host and non-host fungi. **Physiol. Plant Pathol**, v. 27, p. 131-148, 1985.

EXPERT, J. M.; DIGAT, B. Biocontrol of *Sclerotinia* wilt of sunflower by *Pseudomonas fluorescens* and *Pseudomonas putida* strains. **Canadian Journal of Microbiology**, v. 41, p. 685-691, 1995.

FALEIRO, F. G. et al. Resistência de linhagens de feijoeiro a quatro raças de *Uromyces appendiculatus* isoladas em Minas Gerais, Brasil. **Fitopatologia Brasileira**, v. 26, p. 77-80, 2001.

FERRAZ, L. C. L. et al. Effects of soil moisture, organic matter and grass mulching on the carpogenic germination of sclerotia and infection of bean by *Sclerotinia sclerotiorum*. **Plant Pathol**, v. 48, p. 77-82, 1999.

FILONOW, A. B. Role of competition for sugars by yeasts in the biocontrol of gray mold of apple. **Biocontrol Science and Technology**, v. 8, p. 243-256, 1998.

FOKKEMA, N. J.; GERLAGH, M.; KÖHL, J. Biological control of *Sclerotinia sclerotiorum* and *Botrytis* spp. In: TJAMOS, E. et al. (Eds.). **Biological control of plant diseases**. New York: Plenum, 1992.

GALLO, D. et al. **Manual de entomologia agrícola**. 2. ed. São Paulo: Ceres, 1988.

GARIBALDI, A.; ALOI, C.; GULLINO, M. L. Biological control of grey mould of grapevine: reality or utopia. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM PLANT-PROTECTION PROBLEMS AND PROSPECTS OF INTEGRATED CONTROL IN VITICULTURE. **Proceedings...** 1988. p. 283-291.

GAUCH, F.; RIBEIRO W. R. C. Ocorrência de espécies de *Pythium* potencialmente micoparasitas, com oogônio equinulado, em solos de Brasília, DF. **Fitopatologia Brasileira**, v. 23, n. 2, p. 176-179, 1998.

GERLAGH, M. et al. Long-term biosanitation by application of *Coniothyrium minitans* on *Sclerotinia sclerotiorum*-infected crops. **Phytopathology**, v. 89, n. 141-147, 1999.

GERLAGH, M. et al. Quantitative aspects of infection of *Sclerotinia sclerotiorum* sclerotia by *Coniothyrium minitans* – timing of application, concentration and quality of conidial suspension of the mycoparasite. **European Journal of Plant Pathology**, v. 109, p. 489-502, 2003.

GERLAGH, M. Introduction of *Ophiobolus graminis* into new polders and its decline. **Netherlands Journal of Plant Pathology**, v. 74, p. 1-97, 1968.

GIOVANNETTI, M. et al. Histological, physiological, and biochemical interactions between vesicular arbuscular mycorrhizae and *Thielaviopsis basicola* in tobacco plants. **Journal of Phytopathology**, v. 131, p. 265-274, 1991.

GROTH, J. V; MORGENM, B. C. Completing the life cycle of *Uromyces phaseoli* var. typical on bean plants. **Phytopathology**, v. 68, n. 1674-1677, 1978.

HABTE, M.; ALEXANDER, M. Protozoa as agents responsible for the decline of *Xanthomonas campestris* in soil. **Applied Microbiology**, v. 29, p. 159-164, 1975.

HADAR, Y. et al. Effect of pregermination of pea and cucumber seeds and of seed treatment with *Enterobacter cloacae* on rots caused by *Pythium* spp. **Phytopathology**, v. 73, p. 1322-1325, 1983.

HAMILTON, S. R. P. et al. Production of complex human glycoproteins in yeast. **Science**, v. 301, p. 1244-1246, 2003.

HANNUSCH, D. J.; BOLAND, G. J. Influence of air temperature and relative humidity on biological control of white mold of bean (*Sclerotinia sclerotiorum*). **Phytopathology**, v. 86, n. 2, p. 156-162, 1996.

HARLAPUR, S. I. et al. Interaction between vesicular arbuscular mycorrhizae and *Sclerotium rolfsii*. **Karnatka J Agric Sci**, v. 3, p. 203-207, 1990.

HARMAN, G. E.; CHET, I.; BAKER, R. *Trichoderma hamatum* effects on seed and seedling disease induced in radish and pea by *Pythium* spp. and *Rhizoctonia solani*. **Phytopathology**, v. 70, p. 1167-1172, 1980.

HASHEM, M. Biological control of two phytopathogenic fungal species isolated from the rhizoplane of soybean (*Glycine max*). **Czech Mycol.**, v. 56, p. 223-238, 2004.

HASSAN DAR, G. H.; ZARGAR, M. Y.; BEIGH, G. M. Biocontrol of *Fusarium* root rot in the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) by using symbiotic *Glomus mosseae* and *Rhizobium leguminosarum*. **Microb Ecology**, v. 34, p. 74-80, 1997.

HE, S. S.; ZHANG, B. X.; GE, Q. X. On the antagonism by hyperparasite *Pythium oligandrum*. **Acta Phytopathologica Sinica**, v. 21, p. 77-82, 1992.

HEBBAR, K. P. et al. Suppression of *Fusarium moniliforme* by maize root-associated *Pseudomonas cepacia*. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 24, p. 1009-1020, 1992.

HEBBAR, P. K.; MARTEL, M. H.; HEULIN, T. Suppression of pre and post-emergence damping-off in corn by *Burkholderia cepacia*. **European Journal of Plant Pathology**, v. 104, p. 29-36, 1998.

HJELJORD, L.; TRONSMO, A. *Trichoderma* and *Gliocladium* in biological control: an overview. In: HARMAN, G. E.; KUBICEK, C. P. (Eds.). **Trichoderma & Gliocladium: enzymes, biological control and commercial applications**. London: Taylor, 1998. v. 2.

HOFSTEIN, R. et al. Large-scale production and pilot testing of biological control agents for postharvest diseases. In: WILSON C. L.; WISNIEWSKI M. E. (Eds.). **Biological control of postharvest diseases**. Florida: CRC Press, 1994.

HOMMA, Y. et al. Perforation and destruction of pigmented hyphae of *Gaeumannomyces graminis* by vampyrellid amoebae from pacific Northwest wheat field soils. **Phytopathology**, v. 69, p. 1118-1122, 1979.

HOMMA, Y.; ISHII, M. Perforation of hyphae and sclerotia of *Rhizoctonia solani* Kuhn by mycophagous soil amoebae from vegetable field soils in Japan. **Annals of the Phytopathological Society of Japan**, v. 50, p. 229-240, 1984.

HOWELL, C. R.; STIPANOVIC, R. D. Gliovirin, a new antibiotic from *Gliocladium virens*, and its role in the biological control of *Pythium ultimum*. **Canadian Journal of Microbiology**, v. 29, p. 321-324, 1983.

HUANG, H. C. *Gliocladium catenulatum*: hyperparasite of *Sclerotinia sclerotiorum* and *Fusarium* species. **Canadian Journal of Botany**, v. 56, p. 2243-2246, 1978.

HUANG, H. C. et al. Foliar application of fungal biocontrol agents for the control of white mold by dry bean caused by *Sclerotinia sclerotiorum*. **Biological Control**, v. 18, p. 270-276, 2000.

HUANG, H. C.; KOKKO, E. G. *Trichothecium roseum*, a mycoparasite of *Sclerotinia sclerotiorum*. **Canadian Journal of Botany**, v. 71, p. 1631-1638, 1993.

HWANG, J.; BENSON, D. M. Biocontrol of *Rhizoctonia* stem and root rot of poinsettia with *Burkholderia cepacia* and Binucleate *Rhizoctonia*. **Plant Disease**, v. 86, p. 47-53, 2002.

HWANG, S. F.; CHANG, K. F.; CHAKRAVARTY, P. Effects of vesicular arbuscular mycorrhizal fungi on the development of *Verticillium* and *Fusarium* wilts of alfalfa. **Plant Disease**, v. 76, p. 239-243, 1992.

INBAR, J.; CHET, I. Evidence that chitinase produced by *Aeromonas caviae* is involved in the biological control of soil-borne plant pathogens by this bacterium. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 23, p. 973-978, 1991.

INGLIS, G. D.; BOLAND, G. J. Evaluation of filamentous fungi isolated from petals of bean and rapeseed for suppression of white mold. **Canadian Journal of Microbiology**, v. 38, p. 124-129, 1992.

JALALI, B. L.; CHABRA, M. L.; SINGH, R. P. Interaction between vesicular arbuscular mycorrhizal endophyte and *Macrophomina phaseolina* in mung bean. **Indian Phytopathology**, v. 43, p. 527-530, 1990.

JONES, D.; GORDON, A. H.; BACON, J. S. D. Cooperative action by endo- and exo-b-(1-3)-glucanases from parasitic fungi in the degradation of cell wall glucans of *Sclerotinia sclerotiorum*. **Biochemistry Journal**, v. 140, p. 47-55, 1974.

JONES, D.; WATSON, D. Parasitism and lysis by soil fungi of *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary, a phytopathogenic fungus. **Nature**, v. 224, p. 287-288, 1969.

JONES, R. W.; HANCOCK, J. G. Conversion of viridin to viridiol by viridin-producing fungi. **Canadian Journal of Microbiology**, v. 33, p. 963-966, 1987.

JOOSSE, E. N. G.; VERHOEF, S. C. Lead tolerance in Collembola. **Pedobiologia**, v. 25, p. 11-18, 1983.

JUBAJI-HARE, S.; CHAMBERLAND, H.; CHAREST, P. M. Cell wall alteration in hypocotyls of bean seedling protected from *Rhizoctonia* stem canker by a binucleate *Rhizoctonia* isolate. **Mycological Research**, v. 103, p. 1035-1043, 1999.

JULIATTI, F. C.; SILVA, S. A.; JULIATTI, F. C. Problemas fitossanitários em culturas sob pivô central no Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba. In: ZAMBOLIM, L. **Manejo integrado fitossanidade: cultivo protegido, pivô central e plantio direto**. Viçosa, MG: UFV, 2001.

KLEIN, D.; EVERLEIGH, D. E. Ecology of *Trichoderma*. In: KUBICEK, C. P.; HARMAN, G. E. (Eds.). **Trichoderma & Gliocladium: enzymes, biological control and commercial applications**. London: Taylor & Francis, 1998. v. 1.

KLIRONOMOS, J. N.; WIDDEN, P.; DESLANDES, I. Feeding preferences of the collembolan *Folsomia candida* in relation to microfungal successions on decaying litter. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 24, p. 685-692, 1992.

KLUTHCOUSKY, J.; AIDAR, H. Implantação, condução e resultados obtidos com o Sistema Santa Fé. In: KLUTHCOUSKY, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. (Eds.). **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003.

LAHDENPERÄ, M. L.; MOHAMMADI, O. *Gliocladium* biopreparation in controlling damping-off on bedding plants. In: WENHUA, T. et al. **Advances in biological control of plant disease**. Beijing: China Agricultural University Press, 1996.

LARTEY, R. T. et al. Control of *Rhizoctonia solani* and cotton seedling disease by *Laetisaria arvalis* and mycophagous insects *Proisotoma minuta*. **Journal of Phytopathology**, v. 19, p. 747-751, 1991.

LARTEY, R. T. et al. Mycophagous grazing and food preference of *Proisotoma minuta* (Collembola: Isotomidae) and *Onychiurus encarpatus* (Collembola: Onychiuridae). **Environmental Entomology**, v. 18, p. 334-337, 1989.

LARTEY, R. T.; CURL, E. A.; PETERSON, C. M. Interactions of mycophagous *Collembola* and biological control fungi in the suppression of *Rhizoctonia solani*. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 26, p. 81-88, 1994.

LAZZARETTI, E.; BETTIOL, W. Tratamento de sementes de arroz, trigo, feijão e soja com um produto formulado à base de células e de metabólitos de *Bacillus subtilis*. **Scientia Agricola**, v. 54, p. 89-96, 1997.

LEE, K. E. **Earthworms**: their ecology and relationships with soils and land use. Sydney: Academic Press, 1985.

LEONG, J. Siderophores: their biochemistry and possible role in the biocontrol of plant pathogens. **Annual Review of Phytopathology**, v. 24, p. 187-209, 1986.

LEVRAT, P. et al. Regulation of *Fusarium oxysporum* populations introduced into soil: the amoebal predation hypothesis. **F-E-M-S-Microbiol-Lett-Fed-Eur-Microbiol-Soc**, v. 86, p. 123-129, 1991.

LI, G. Q.; HUANG, H. C.; ACHARYA, S. N. Antagonism and biocontrol potential of *Ulocladium atrum* on *Sclerotinia sclerotiorum*. **Biological Control**, v. 28, p. 11-18, 2003.

LOBO J. R. M.; PIMENTA, G.; BALLAROTTI, A. Controle de *Rhizoctonia solani* e *Fusarium solani* em campo com *Trichoderma harzianum*. **Fitopatologia Brasileira**, v. 30, p. S91, 2005.

LOEFFLER, W. et al. Antifungal effects of bacilysin and fengimycin from *Bacillus subtilis* F-29-3 and comparison with activities of other *Bacillus* antibiotics. **Journal of Phytopathology**, v. 115, p. 204-213, 1986.

LUMSDEN, R. D. Development of *Gliocladium virens* for biological control of *Pythium* and *Rhizoctonia* damping-off diseases of seedlings. **European Journal of Plant Pathology**, The Hague, The Netherlands, july 1995.

-----; LOCKE, J. C. Biological control of damping-off caused by *Pythium ultimum* and *Rhizoctonia solani* with *Gliocladium virens* in soiless mix. **Phytopathology**, v. 79, p. 361-366, 1989.

LUZ, W. C. Rizobactérias promotoras de crescimento de plantas e de bioproteção. **Revisão Anual de Proteção de Plantas**, v. 4, p. 1-49, 1996.

MADI, L. et al. Biological control of *Sclerotium rolfsii* and *Verticillium dahliae* by *Talaromyces flavus* is mediated by different mechanisms. **Phytopathology**, v. 87, p. 1054-1060, 1997.

MCLAREN, D. L. et al. Biological control of Sclerotinia wilt of sunflower with *Talaromyces flavus* and *Coniothyrium minitans*. **Plant Disease**, v. 78, n. 231-235, 1994.

MCLAREN, D. L.; HUANG, H. C.; RIMMER, S. R. Control of apothecial production of *Sclerotinia sclerotiorum* by *Coniothyrium minitans* and *Talaromyces flavus*. **Plant Disease**, v. 80, p. 1373-1378, 1996.

MCLOUGHLIN, T. J. et al. *Pseudomonas cepacia* suppression of sunflower wilt fungus and role of antifungal compounds in controlling the disease. **Applied Environment Microbiology**, v. 58, n. 1760-1763, 1992.

MELO, I. S. Agentes microbianos de controle de fungos fitopatogênicos. In: MELO, I. S.; AZEVEDO, J. L. (Eds.). **Controle biológico**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 1998.

_____. Rizobactérias promotoras de crescimento de plantas: descrição e potencial de uso na agricultura. In: MELO, I. S.; AZEVEDO, J. L. **Ecologia microbiana**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 1998.

_____. *Trichoderma* e *Gliocladium* como bioprotetores de plantas. **Revisão Anual de Proteção de Plantas**, v. 4, p. 261-295, 1996.

_____.; VALARINE, P. J.; FAULL, J. L. Controle biológico de *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli* por *Bacillus subtilis* isolado da rizosfera do feijoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, v. 20, p. 342, 1995.

MEYER, J. R.; LINDERMAN, R. G. Response of subterranean clover to dual inoculation with vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi and a plant-growth promoting bacterium *Pseudomonas putida*. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 18, p. 185-190, 1986.

MOHAMED, H. A. A; HAGGAG, W. M. Biocontrol potential of salinity tolerant mutants of *Trichoderma harzianum* against *Fusarium oxysporum*. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 37, n. 2, p. 181-191, 2006.

MOODY, S. A.; PIEARCE, T. G.; DIGHTON, J. Fate of some fungal spores associated with wheat straw decomposition on passage through the guts of *Lumbricus terrestris* and *Aporrectodea longa*. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 28, p. 533-537, 1996.

MORICCA, S. et al. Antagonism of the two-needle pine stem rust fungi *Cronartium flaccidum* and *Peridermium pini* by *Cladosporium tenuissimum* *in vitro* and in planta. **Phytopathology**, v. 91, p. 457-468, 2001.

NASSER, L. C. B. et al. Manejo do cancro da haste da soja e mofo branco do feijoeiro em sistemas de produção do cerrado. **Fitopatologia Brasileira**, v. 24, p. 220-222, 1999. Suplemento.

NASSER, L. C. B.; KARL, A. C. Mofo branco do feijoeiro irrigado e o plantio direto nos cerrados. **Dir. Cerr.**, v. 3, n. 8, p. 11-12, 1998.

NELSON, B. D.; CHRISTIANSON, T.; McCLEAN, P. Effects of bacteria on sclerotia of *Sclerotinia sclerotiorum*. In: INTERNATIONAL SCLEROTINIA WORKSHOP, 11., York, 2001. **Proceedings...York**, 2001. p. 39-40.

OLIVEIRA, R. M. et al. 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. **Anais...** Viçosa: UFV/DFT, 2002. p. 180-183.

OLIVOS, M. I.; MONT, R. Uso de fungicidas y *Trichoderma viride* en el control de *Sclerotium rolfsii*. **Fitopatologia**, v. 28, p. 16-21, 1993.

ORDENTLICH, A.; ELAD, Y; CHET, I. Rhizosphere colonization by *Serratia marcescens* for control of *Sclerotium rolfsii*. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 19, p. 747-751, 1987.

ORDENTLICH, A.; ELAD, Y; CHET, I. The role of chitinase of *Serratia marcescens* in biocontrol of *Sclerotium rolfsii*. **Phytopathology**, v. 78, p. 84-88, 1988.

OZBAY, N.; NEWMAN, S. Biological control whit *Trichoderma* spp. with emphasis on *T. harzianum*. **Pakistan Journal of Biological Sciences**, v. 7, p. 478-484, 2004.

PARKE, J. L. et al. Biological control of *Pythium* damping-off and *Aphanomyces* root rot of peas by application of *Pseudomonas cepacia* or *P. fluorescens* to seed. **Plant disease**, v. 75, p. 987-992, 1991.

PAULA JUNIOR, T. J. et al. Controle alternativo de doenças de plantas – histórico. In: VENZON, M.; PAULA, J. R. T. J.; PALLINI, A. **Controle alternativo de pragas e doenças**. Viçosa: EPAMIG-CTZM, 2005.

PAULA JUNIOR, T. J. et al. **Manejo integrado do mofo-branco do feijoeiro**: guia prático. Viçosa: EPAMIG-CTZM, 2006.

PAULA JUNIOR, T. J.; HAU, B. Effect of soil moisture on the survival of *Rhizoctonia solani* and *Trichoderma harzianum*. **Biological Control of Fungal and Bacterial Plant Pathogens – IOBC wprs Bulletin**, v. 25, n. 10, p. 295-298, 2002.

PAULA JUNIOR, T. J.; VIEIRA, R. F.; ZAMBOLIM, L. Manejo integrado de doenças do feijoeiro em plantio direto. In: ZAMBOLIM, L.; SILVA, A. A.; AGNES, E. L. **Manejo integrado**: integração agricultura-pecuária. Viçosa: UFV/DFP/DFT, 2004.

PAULA JUNIOR, T. J.; ZAMBOLIM, L. Doenças. In: VIEIRA, C.; PAULA JUNIOR, T. J.; BORÉM, A. (Eds.). **Feijão**. Viçosa: UFV, 2006.

PAULA, JUNIOR, T. J. **Ecological investigations as a basis for integrated management of bean *Rhizoctonia* root rot**. Tese (Ph.D.) – Universität Hannover, Hannover, 2002.

PLOETZ, R. C.; MITCHELL, D. J. Influence of water potential on the survival and saprophytic activity of *Rhizoctonia solani* AG-4 in natural soils. **Canadian Journal of Botany**, v. 63, p. 2364-2368, 1985.

PUNJA, H. J. The biology, ecology and control of *Sclerotium rolfsii*. **Annual Review of Phytopathology**, v. 23, p. 97-127, 1985.

REELEDER, R. D. The use of yeasts for biological control of the plant pathogen *Sclerotinia sclerotiorum*. **Biocontrol**, v. 49, p. 583-594, 2004.

REIS, E. M. et al. Decomposição dos restos culturais do trigo e sobrevivência saprofítica de *Bipolaris sorokiniana*. **Fitopatologia Brasileira**, v. 23, p. 62-64, 1998.

RIO L. E.; MARTINSON, C. A.; YANG, X. B. Biological control of *Sclerotinia* Stem Rot of soybean with *Sporidesmium sclerotivorum*. **Plant Disease**, v. 86, p. 999-1004, 2002.

RODRÍGUES-KABANA, R.; CALVET, C. Capacidad del suelo para controlar enfermedades de origen edáfica. **Fitopatologia Brasileira**, v. 19, p. 129-138, 1994.

ROMERO, A.; CARRIÓN, G. Patogenicidad de *Verticillium lecanii* sobre la roya Del frijol em condiciones de invernadero. **Fitopatologia**, v. 30, p. 30-34, 1995.

SÁNCHEZ, A. et al. Inoculated common beans are protected against *Macrophomina phaseolina* by *Burkholderia cepacia* UFPR 5C. **Plant and Soil**, v. 162, p. 293-297, 1994.

SCHROTH, M. N.; HANCOCK, J. G. Disease suppressive soils and root colonizing bacteria. **Science**, v. 216, p. 1376-1381, 1982.

SCHWARTZ, H. F.; STEADMAN, J. R. White mold. In: SCHWARTZ, H. F.; PASTOR-CORRALES, M. A. (Eds.). **Bean production problems in the tropics**. Cali: CIAT, 1989.

SCOTT, K. J.; CHAKRVORTY, A. K. **The rust fungi**. New York: New York Academic Press, 1982.

SHARMA, J. K.; HEATHER, W. A. Hyperparasitism of *Melampsora larici-populina* by *Cladosporium herbarum* and *Cladosporium tenuissimum*. **Indian Phytopathology**, v. 34, p. 395-397, 1981.

SHETA, W. Detection of *Cladosporium uredinicola* in pustules of chrysanthemum white rust (*Puccinia horiana*). **Plant Disease**, v. 80, p. 599-601, 1996.

SINCLAIR, J. B. *Bacillus subtilis* as a biocontrol agent for plant diseases. **Perspectives in plant pathology**. New Delhi: Today & Tomorrow, 1989.

SNEH, B.; ICHIELEVICH-AUSTER, M. Induced resistance of cucumber seedling caused by some non-pathogenic *Rhizoctonia* (np-R) isolates. **Phytoparasitica**, v. 26, p. 27-38, 1998.

SNEH, B.; ICHIELEVICH-AUSTER, M.; PLAUT, Z. Mechanism of seedling protection induced by hypovirulent isolate of *Rhizoctonia solani*. **Canadian Journal of Botany**, v. 67, p. 2135-2141, 1989.

STEPHENS, P. M. et al. Ability of the lumbricid earthworms *Aporrectodea rosea* and *Aporrectodea trapezoides* to reduce the severity of take-all under greenhouse and field conditions. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 26, p. 1291-1297, 1994a.

STEPHENS, P. M. et al. Field evidence for reduced severity of *Rhizoctonia* bare-patch disease of wheat, due to the presence of the earthworms *Aporrectodea rosea* and *Aporrectodea trapezoides*. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 26, p. 1495-1500, 1994b.

STEPHENS, P. M. et al. Reduced severity of *Rhizoctonia solani* disease on wheat seedlings associated with the presence of the earthworm *Aporrectodea trapezoides* (Lumbricidae). **Soil Biology and Biochemistry**, v. 25, p. 1477-1484, 1993.

STEPHENS, P. M.; DAVOREN, C. W. Effect of the lumbricid earthworm *Aporrectodea trapezoides* on wheat grain yield in the field, in the presence or absence of *Rhizoctonia solani* and *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 28, p. 561-567, 1996.

SUZZI, G. et al. Natural wine yeasts as biocontrol agents. **Journal Applied Bacteriology**, v. 78, p. 304-308, 1995.

SZCZECZ, M. et al. Suppressive effect of a commercial earthworm compost on some root infecting pathogens of cabbage and tomato. **Biological Agriculture and Horticulture**, v. 10, p. 47-52, 1993.

TAKEDA, H. Ecological studies of collembolan population in a pine forest soil. II. Vertical distribution of Collembola. **Pedobiologia**, v. 18, p. 22-30, 1978.

TRAZILBO, J. P.; HAU, B. Effect of soil moisture on the survival of *Rhizoctonia solani* and *Trichoderma harzianum*. **Biological Control of Fungal and Bacterial Plant Pathogens – IOBC wprs Bulletin**, v. 25, n. 10, p. 295-298, 2002.

TRIBE, H. T. On the parasitism of *Sclerotinia trifoliorum* by *Coniothyrium minitans*. **Transactions British Mycological Society**, v. 40, p. 489-499, 1957.

TRUTMANN, P.; KEANE, P. J.; MERRIMAN, P. R. Biological control of *Sclerotinia sclerotiorum* on aerial parts of plants by the hyperparasite *Coniothyrium minitans*. **Transactions British Mycological Society**, v. 78, p. 521-529, 1982.

TRUTMANN, P.; KEANE, P. J.; MERRIMAN, P. R. Reduction of sclerotial inoculum of *Sclerotinia sclerotiorum* with *Coniothyrium minitans*. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 12, p. 461-465, 1980.

TU, J. C. An integrated control of white mold (*Sclerotinia sclerotiorum*) of beans, with emphasis on recent aduanes in biological control. **Botanical Bulletin of Academia Sinica**, v. 38, p. 73-76, 1997.

TURNER, G. J.; TRIBE, H. T. Preliminary field plot trials on the biological control of *Sclerotinia trifoliorum* by *Conyothirium minitans*. **Plant Pathology**, v. 24, p. 109-113, 1975.

UESUGI, C. H.; FREITAS, M. A.; MENEZES, J. R. Ocorrência de *Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens* em feijoeiro, em Goiás e no Distrito Federal. **Fitopatologia Brasileira**, v. 28, n. 3, 2003.

VANDAMME, P. et al. Identification and population structure of *Burkholderia stabilis* sp. nov. (formerly *Burkholderia cepacia* genomovar IV). **J. Clin. Microbiol.**, v. 38, p. 1042-1047, 2000.

WANG, D. et al. *Sclerotinia* species in Hubei Province and potential of *Coniothyrium minitans* as a biocontrol agent. In. WENHUA, T.; COOK, R. J.; ROVIRA, A. **Advances in biological control of plant diseases**. Beijing: China Agricultural University Press, 1996.

WELLER, D. M. Biological control of soilborne plant pathogens in the rizosphere with bacteria. **Annual Review of Phytopathology**, v. 26, p. 379-407, 1988.

_____.; COOK, R. J. Control of take-all if wheat with fluorescents *Pseudomonas*. **Phytopathology**, v. 71, p. 1007, 1981.

_____.; COOK, R. J. Suppressive of take-all of wheat by seed treatments with fluorescents *Pseudomonas*. **Phytopathology**, v. 73, p. 463-469, 1983.

WELLS, H. D.; BELL, K.; JAWORSHI, A. Efficacy of *Trichoderma harzianum* as a biocontrol for *Sclerotium rolfsii*. **Phytopathology**, v. 62, p. 442-447, 1972.

WHIPPS, J. M.; BUDGE, S. P. Screening for sclerotia mycoparasites of *Sclerotinia sclerotiorum*. **Mycological Research**, v. 94, p. 607-612, 1990.

WHIPPS, J. M.; GERLAGH, M. Biology of *Coniothyrium minitans* and its potential for use in disease biocontrol. **Mycology Research**, v. 96, p. 897-907, 1992.

WHIPPS, J. M.; LUMSDEN, R. D. Commercial use of fungi as plant disease biocontrol agents: status and prospects. In: BUTT, T.; JACKSON, C.; MAGAN, N, (Eds.). **Fungal biocontrol agents: progress, problems and potential**. Wallingford: CAB International, 2001.

WIGGINS, E. A.; CURL, E. A. Interactions of Collembola and microflora of cotton rhizosphere. **Phytopathology**, v. 69, p. 244-249, 1979.

WILHITE, S. E.; LUMSDEN, R. D.; STRANEY, D. C. Mutational analysis of gliotoxin production by the biocontrol fungus *Gliocladium virens* in relation to suppression of *Pythium* damping-off. **Phytopathology**, v. 84, p. 816-821, 1994.

WILLIAMS, S. T.; VICKENS, J. C. Detection of actinomycetes in the natural environment-problems and perspectives. In: OKANI, Y.; BEPPER, T.; OGAWARA, H. (Eds.). **Biology of the actinomycetes**. Tokyo, 1988.

XUE, L.; CHAREST, P. M.; JABAJI-HARE, S. H. Systemic induction of peroxidases, 1,3- β -glucanases, chitinases, and resistance in bean plants by binucleated *Rhizoctonia* species. **Phytopathology**, v. 88, p. 359-365, 1998.

YUEN, G. Y. et al. Influences of antagonist population levels, blossom development stage, and canopy temperature on the inhibition of *Sclerotinia sclerotiorum* on dry edible beans by *Erwinia herbicola*. **Phytopathology**, v. 84, p. 495-501, 1994.

ZAMBOLIM, L.; CASA, R. T.; REIS, E. M. Manejo integrado de doenças em plantio direto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 208, p. 73-83, 2001.

ZAMBOLIM, L.; COSTA, H.; VALE, F. X. R. Feijão comum: controle de doenças – podridão, tombamento e murcha causados por fungos de solo. In: VALE, F. X. R.; ZAMBOLIM, L. **Controle de doenças de plantas**. Viçosa, MG: UFV, 1997.

ZHOU, T.; REELEDER R. D. Evaluation of *Epicoccum purpurascens* for biological control of white mold of bean. **Phytopathology**, v. 77, p. 1620-1620, 1987.

ZHOU, T.; REELEDER, R. D. Colonization of bean flowers by *Epicoccum purpurascens*. **Phytopathology**, v. 81, p. 774-778, 1991.

ZHOU, T.; REELEDER, R. D.; SPARACE, S. A. Interactions between *Sclerotinia sclerotiorum* and *Epicoccum purpurascens*. **Canadian Journal of Botany**, v. 69, n. 11, p. 2503-2510, 1991.

Programas de Uso de Fungicidas

Olavo Corrêa da Silva

Maristella Dalla Pria

Marcelo Giovanetti Canteri

1 CONCEITOS BÁSICOS

1.1 MANEJO DE EPIDEMIAS COM FUNGICIDAS

Fungicidas são usualmente aplicados com o objetivo de evitar que a epidemia se estabeleça, atuando sobre o inóculo primário para reduzir a taxa de progresso de epidemias e efeito sobre o inóculo secundário. Eles atuam na redução do número e na viabilidade dos esporos, paralisando o processo de colonização do fungo e reduzindo sua esporulação. O efeito de fungicidas em epidemias depende da época e da frequência em que eles são usados. Um programa de uso de fungicidas utilizado durante a estação de cultivo tem atuação tanto na quantidade de inóculo inicial quanto na taxa de progresso da epidemia. Sendo que os objetivos principais são: prevenir prejuízos econômicos, obter o menor impacto ambiental possível e manter a qualidade final do produto.

1.2 EFEITOS DOS FUNGICIDAS NA EPIDEMIA

Teoricamente, após a aplicação de um fungicida para controlar uma doença foliar, deveria ocorrer uma passagem rápida da fase de doença

para a fase de controle, com crescimento zero durante o tempo de atividade do fungicida. Após esse período, e ainda no plano teórico, o progresso da doença deveria voltar a ser semelhante ao apresentado pelas plantas não tratadas. Entretanto, o que se observa no campo é diferente. Há uma redução da taxa de progresso da epidemia, mas dificilmente ocorre um controle de 100%, principalmente nas culturas em fase de crescimento. Além disso, vencido o tempo de atividade do fungicida, a taxa de progresso da doença torna-se maior, reduzindo os efeitos benéficos do tratamento. Portanto, a eficiência dos fungicidas na teoria difere do que efetivamente se observa no campo devido à influência de fatores como:

- » agressividade dos patógenos; interação entre favorabilidade climática para desenvolvimento do patógeno e nível de suscetibilidade da cultivar;
- » crescimento das plantas;
- » presença de infecções latentes;
- » quantidade de tecido sadio disponível para novas infecções;
- » índice de área foliar para cobertura e penetração dos fungicidas;
- » efeito das condições ambientais sobre a degradação e lavagem dos fungicidas.

Muitas falhas observadas no que diz respeito ao uso de fungicidas estão relacionadas ao período latente da doença, concernindo ao processo de infecção, no qual o fungo coloniza o tecido do hospedeiro, mas ainda não é possível visualizar a lesão. Infecções latentes não são afetadas por pulverizações com fungicidas protetores, portanto, é necessário transcorrer no mínimo o tempo relativo a um período latente para se observar o efeito dos fungicidas no progresso da doença. Além disso, quando a quantidade de tecido sadio é grande, o número de sítios disponíveis para o patógeno atacar torna-se maior depois que cessa o efeito do fungicida.

Assim, pode-se esperar maiores taxas de progresso da doença sob essas condições.

1.3 DURAÇÃO DO EFEITO DOS FUNGICIDAS

O período de proteção proporcionado por uma aplicação de fungicida em uma cultura depende dos seguintes fatores:

- » velocidade de remoção do fungicida das folhas;
- » sensibilidade da população do patógeno ao ingrediente ativo;
- » velocidade de produção de novas folhas;
- » pressão de inóculo;
- » tipo do fungicida;

A remoção do fungicida se dá por chuva, vento e abrasão, podendo ele ainda ser degradado por diversos agentes químicos, físicos ou biológicos. Por exemplo, os resíduos de maneb não previnem a germinação de conídios de alguns fungos fitopatogênicos uma semana após a aplicação. Pode-se observar a duração do efeito, ou seja, efeito residual do produto, entre 7 a 21 dias.

1.4 INTERVALO ENTRE PULVERIZAÇÕES

Além do problema de sua remoção das folhas, os fungicidas são muitas vezes aplicados tardiamente, geralmente após o aparecimento dos primeiros sintomas da doença. Nesse momento, existem muitas infecções já estabelecidas, ainda não visíveis, que não serão afetadas por fungicidas protetores. Assim, em uma epidemia rápida, se a primeira aplicação de um fungicida protetor for feita depois de constatados os primeiros sintomas, provavelmente essa aplicação não será tão eficiente.

Fungicidas protetores aplicados em longo intervalo de tempo geralmente não são eficientes em prevenir as infecções e reduzir o

desenvolvimento da doença. Os esporos produzidos no fim de cada período latente geram novas infecções e promovem subsequente progresso da epidemia. Para muitas doenças, especialmente as de rápido progresso, o período latente é curto, inferior a uma semana. Desse modo, muitos esporos germinam e infectam a planta antes de o fungicida ser reaplicado. Em tais situações, o intervalo entre as aplicações dos fungicidas devem ser reduzidos, especialmente durante o período de intenso crescimento das plantas e quando as condições de clima forem favoráveis ao desenvolvimento da doença.

1.5 ESQUEMAS PARA DETERMINAR O MELHOR MOMENTO DAS PULVERIZAÇÕES

1.5.1 Pulverizações baseadas na severidade de doença

A aplicação de fungicidas é feita frequentemente com base na quantidade de doença observada. Entretanto, a determinação do nível de ação não leva em consideração alguns aspectos importantes, como o número de infecções latentes. Em um exemplo hipotético, se for atrasada a pulverização com fungicida para controle da mancha-angular do feijão (*Pseudocercospora griseola*) a um nível em que a doença atinja 5% de severidade, já haverá nesse momento suficiente doença latente para que esta avance até um nível próximo de 50% dentro de dez dias, caso não haja crescimento do hospedeiro.

1.5.2 Pulverizações baseadas no clima

Outra abordagem para se determinar o melhor momento de pulverizar uma lavoura é a do monitoramento da favorabilidade do clima (temperatura, chuva ou molhamento foliar). Alguns sistemas de previsão e aviso foram desenvolvidos para este propósito, principalmente para a cultura da batata e da maçã. Esses sistemas podem combinar infor-

mações climáticas com a disponibilidade de propágulos do patógeno e também com a quantidade inicial de doença, ou, ainda, com o nível de resistência da variedade.

Os programas de pulverização baseados na quantidade de doença ou no clima podem ser afetados pelos seguintes fatores:

- » presença de infecções múltiplas, ou seja, mais de uma doença ao mesmo tempo;
- » ocorrência de rápidas variações climáticas;
- » baixa eficiência dos fungicidas disponíveis;
- » pouco tempo disponível para implementar a medida de controle.

Em sua maioria, os sistemas de previsão e aviso não são preventivos. Isso significa que, quando condições de clima favoráveis à doença indicam uma recomendação de pulverização, o processo da doença já está em andamento.

2 PROGRAMA DE USO DE FUNGICIDAS

2.1 Bases de um programa de uso de fungicidas

Estabelecer um programa eficiente e economicamente viável de uso de fungicidas na cultura do feijão depende de vários fatores:

- » localização da lavoura
- » doenças “chave” em programas de uso
- » suscetibilidade da cultivar
- » época de semeadura
- » escolha dos fungicidas
- » momento de aplicação dos fungicidas

Localização da lavoura

A latitude e altitude de um determinado local irão determinar fatores ambientais decisivos para que uma doença se estabeleça e se desenvolva, como temperatura, umidade e principalmente horas de molhamento foliar. A intensidade da epidemia ou a importância de uma determinada doença é regida pela favorabilidade climática. Sendo assim, um programa de uso de fungicida pode e deve variar de região para região, e o risco de ocorrência de cada doença irá determinar quando e como utilizar os fungicidas.

Regiões de clima ameno e regime de chuva prolongado e abundante são muito favoráveis à ocorrência da antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) e mofo-branco (*Sclerotinia sclerotiorum*), por exemplo. Essas doenças são de difícil controle e representarão a base de um programa de uso de fungicidas para a região. O uso de cultivares com resistência, fungicidas com eficiência comprovada, momento de aplicação e uso de sementes saudáveis também são aspectos importantes nesse programa.

Por outro lado, regiões de temperatura elevada e época de semeadura muito ampla representam elevado risco de epidemias severas de mancha-angular. Essa doença em muitas situações de campo tem apresentado níveis de controle insatisfatórios. A insatisfação tem como causa principal o uso de programas mal elaborados, nos quais não são observados os princípios básicos de controle dessa doença. A precocidade do inóculo primário, o período latente e a característica do fungicida a ser utilizado são os requisitos a serem contemplados em um programa eficiente.

Doenças “chave” em programas de uso

A agressividade do patógeno e a dificuldade de controle de uma determinada doença também são fatores determinantes na escolha de um programa de uso de fungicidas, assim como a favorabilidade climática relativa às regiões distintas. Uma ou mais doenças podem ser a base de um programa de uso por representarem o maior potencial de dano à cultura.

Podemos considerar quatro doenças de maior importância em um programa: mancha-angular, antracnose, ferrugem (*Uromyces appendiculatus*) e mofo-branco (Figura 1). Essas doenças são determinantes na escolha dos fungicidas e momento de aplicação. Outras doenças podem ter ocorrência esporádica, baixa intensidade ou baixo potencial de dano, sendo assim consideradas secundárias. O oídio (*Erysiphe poligoni*) e a mancha-de-alternaria (*Alternaria alternata*) são exemplos típicos desse grupo, e normalmente programas de uso de fungicidas já contemplam seu controle, mesmo não sendo o alvo principal.

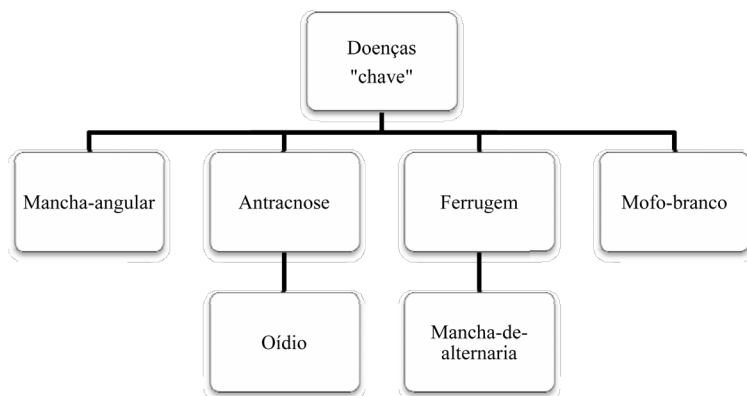


FIGURA 1 – Doenças principais em quadrados cheios e secundárias em quadrados vazios.

Suscetibilidade da cultivar e época de semeadura

A combinação entre suscetibilidade da cultivar, favorabilidade climática e quantidade de inóculo em cada época de semeadura resulta em epidemias com intensidade variada e ocorrência de diferentes doenças. A resposta ao uso de fungicidas também é diferenciada entre os cultivares, sendo que o número de aplicações e o tipo de fungicidas são variáveis.

A cultivar Juriti mostrou-se mais suscetível principalmente à mancha-angular (Figura 2), ausente na primeira época de semeadura, e demonstrou comportamento intermediário na semeadura em dezembro. Contudo, na semeadura de janeiro a epidemia foi mais intensa, quando

ocorreu o maior ganho com o uso de fungicidas. Nesse caso, temos a mancha-angular como a única doença “chave” no programa de uso de fungicidas, sendo que a época de semeadura foi decisiva para o controle adequado dessa doença. O principal fungicida a ser utilizado deve ter algum efeito curativo para ser eficiente no controle da mancha-angular, como, por exemplo, os produtos dos grupos dos triazóis. O longo período latente dessa doença normalmente é a principal causa de controle insatisfatório, pois existe a necessidade de os fungicidas possuírem ação curativa. O número e a precocidade das aplicações aumentam com o atraso da época de semeadura. Assim, nas últimas épocas de semeadura as pulverizações devem iniciar próximo do estágio V4-V5. É importante salientar o risco de quebra de resistência da cultivar a outras doenças, fato ocorrido em safras anteriores para antracnose. Sendo assim, o programa de uso de fungicidas está sujeito a mudanças conforme alterações na suscetibilidade das cultivares.

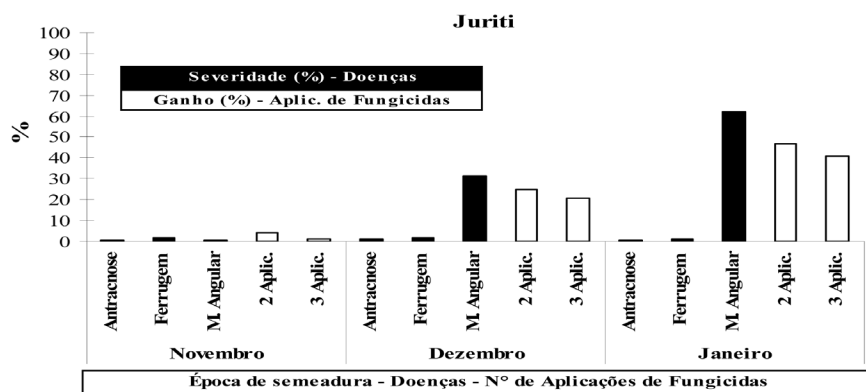


FIGURA 2 – Severidade das doenças da parte aérea da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris*), cultivar Juriti, e ganho em produção devido à aplicação de fungicidas. Safra 2005/06, Ponta Grossa e Arapoti, PR.

Fonte: SILVA (2006).

A cultivar IAPAR 81 (Figura 3) é um caso típico em que as três doenças da parte aérea são importantes, porém com intensidade baixa a média. Essa característica resulta em baixa eficiência do fungicida, embora constante em todas as épocas de semeadura. A favorabilidade climática

pode se alterar ao longo das épocas de semeadura e favorecer uma ou mais doenças. O número e momento de aplicações de fungicidas são semelhantes em todas as épocas, e dois grupos químicos são necessários para um controle eficiente, tais como triazóis e estrobilurinas, triazóis e protetores (ftalonitrilas e organoestânico) ou protetores e estrobilurinas.

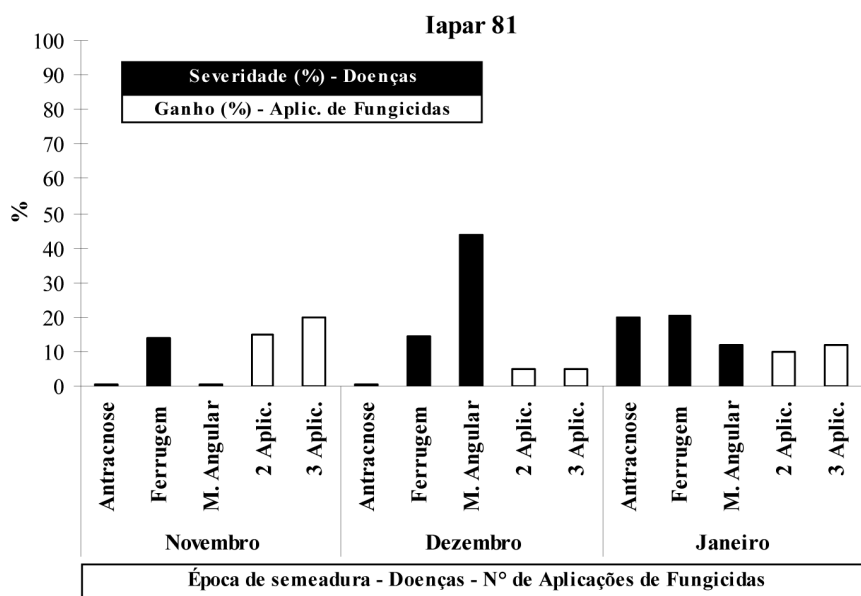


FIGURA 3 – Severidade das doenças da parte aérea da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris*), cultivar IAPAR 81, e ganho em produção devido aplicação de fungicidas. Safra 2005/06, Ponta Grossa e Arapoti, PR.

Fonte: SILVA (2006).

A cultivar Bio Nobre (Figura 4) representa um grupo de cultivares que é suscetível às três principais doenças da parte aérea, contudo, a antracnose é a doença “chave”. A epidemia de antracnose é explosiva e de difícil controle, sendo que as condições climáticas para sua ocorrência – temperaturas amenas e umidade abundante – a torna endêmica para determinadas regiões. Nas áreas de risco para antracnose, o programa de uso de fungicidas deve ser rígido e semelhante para todas as épocas de semeadura. Além disso, outros métodos de controle devem auxiliar

no manejo, tais como tratamento de sementes e rotação de culturas. A resposta ao uso de fungicidas é alta e dois grupos químicos são fundamentais nesse programa de uso, as estrobilurinas e os protetores (ftalonitrilas e organoestânico).

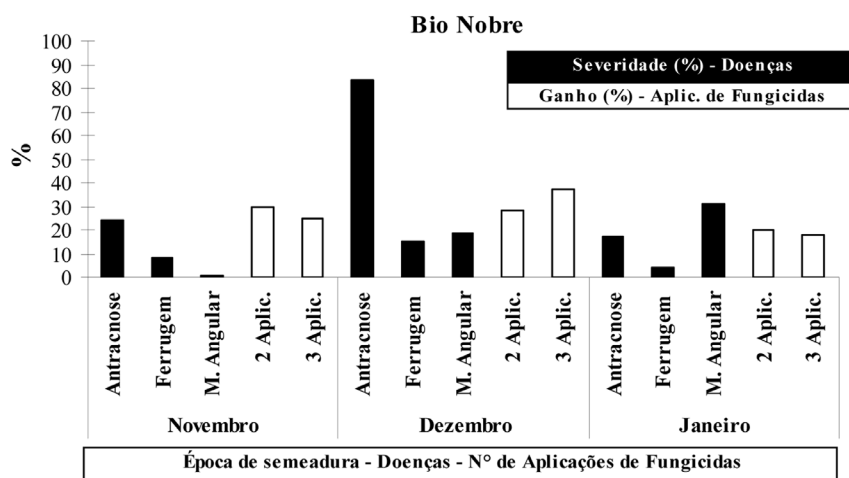


FIGURA 4 – Severidade das doenças da parte aérea da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris*), cultivar Bionobre, e ganho em produção devido aplicação de fungicidas. Safra 2005/06, Ponta Grossa e Arapoti, PR.

Fonte: SILVA (2006).

Nos exemplos comentados acima, não foi abordado o manejo do mofo-branco, pois todas as cultivares são consideradas suscetíveis. Os principais fatores para ocorrência de epidemias de mofo-branco são as condições climáticas, chuvas frequentes e temperaturas amenas – e principalmente a presença de inóculo na área. O uso de fungicidas no seu controle é efetivo quando aplicado preventivamente nos estádios R5 e R6, contudo, outros métodos são necessários para um resultado efetivo e seguro. A cobertura do solo, a redução da população de plantas, o aumento do espaçamento e a adubação equilibrada são os métodos complementares no manejo desta doença. O manejo do mofo-branco é discutido detalhadamente no capítulo 20.

Escolha dos fungicidas e o momento de aplicação

Ferrugem

A ferrugem (*Uromyces appendiculatus*) ocorre em todas as épocas de semeadura praticamente durante todo o ciclo da cultura na maioria das regiões produtoras de feijão. É favorecida por temperaturas entre 15 a 25°C e umidade relativa (UR) acima de 95%. O seu controle pode ser realizado preventivamente principalmente para cultivares suscetíveis e moderadamente suscetíveis, ou no surgimento dos primeiros sintomas.

Fungicidas dos grupos químicos dos triazóis e das estrobilurinas são os mais importantes no controle da ferrugem, sendo que as estrobilurinas possuem principalmente ação preventiva e os triazóis podem ser aplicados no aparecimento dos primeiros sintomas.

A ferrugem pode ser influenciada pelo estado nutricional da planta, principalmente pela quantidade de nitrogênio. A cultivar Carioca, sem aplicação de nitrogênio em cobertura (uréia), apresenta maior severidade de ferrugem em relação às plantas que receberam nitrogênio.

Mancha-angular

A mancha-angular (*Pseudocercospora griseola*) é considerada uma doença “chave” no sistema produtivo da cultura do feijão, tanto pelo seu elevado potencial de dano, como pela dificuldade de controle. A intensidade da epidemia é determinada pela suscetibilidade da cultivar, a favorabilidade climática e a pressão de inóculo. Cultivares suscetíveis podem apresentar epidemias de desenvolvimento rápido e severas em condições climáticas favoráveis, ou seja, temperatura entre 21 a 25°C e UR elevada. Além disso, nas semeaduras tardias existe aumento de inóculo e os primeiros sintomas ocorrem já nas folhas cotiledonares. Outro fator que torna essa doença de difícil controle é seu período de latência, 8 dias a 24°C, no qual poucos sintomas ainda não visíveis podem ocultar uma severidade muito superior que ainda encontra-se na forma latente.

A época de aplicação dos fungicidas é um fator decisivo para o controle da mancha-angular (Figura 5). Recomendam-se aplicações preventivas nas épocas favoráveis à doença, uma vez que, sob essas condições, a partir do surgimento dos primeiros sintomas a evolução da doença é rápida e independente das condições climáticas. A época de proteção também depende da data de semeadura, pois o inóculo é tardio no início da safra e precoce no final. A primeira aplicação deve ser realizada na fase inicial da cultura, entre 20 e 30 dias após a emergência, podendo ser atrasada em semeaduras antecipadas, de setembro até meados de outubro. A aplicação na fase de emissão do botão floral (R5) é fator determinante do resultado final, pois permite uma boa cobertura nas principais folhas da cultura (Figura 5). Aplicação no estágio de formação dos grãos, entre 60 e 70 dias após a emergência, quando necessária, permite proteção até o final do ciclo reprodutivo, não havendo necessidade de aplicações subsequentes.

O intervalo das aplicações deve ser entre 10 e 20 dias e o número de aplicações pode variar de 2 a 4, dependendo da pressão do inóculo e época de semeadura. As semeaduras realizadas no início da safra, entre agosto a setembro, estão sujeitas a um menor número de aplicações, desde que a mancha-angular seja o alvo principal. Nas épocas de semeadura mais tardias aumenta a necessidade de maior número de aplicações.

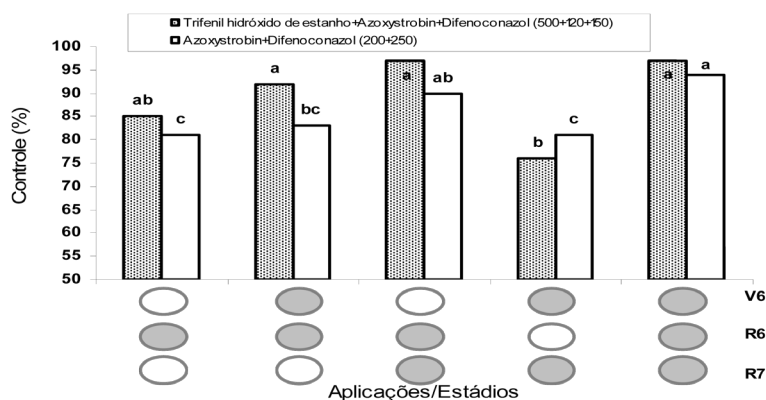


FIGURA 5 – Porcentagem de controle da mancha-angular (*Pseudocercospora griseola*) em função do número e estádios de aplicação de fungicidas, cultivar Juriti, Castro, PR.

Fonte: SILVA; GALLO (2006).

Os fungicidas mais eficientes no controle da mancha-angular pertencem a três grupos químicos, triazóis, estrobilurinas e protetores (ftalonitrilas e organo-estânico). As estrobilurinas e os protetores possuem ação exclusivamente de proteção, na qual pode ocorrer falhas no controle em condições de grande quantidade de inóculo primário no início da safra. Alguns triazóis também possuem ação curativa sobre o fungo, conferindo maior flexibilidade e segurança ao controle. A associação de triazóis a outros fungicidas é decisiva em programas de uso (Figura 6), principalmente em condições de epidemia severa.

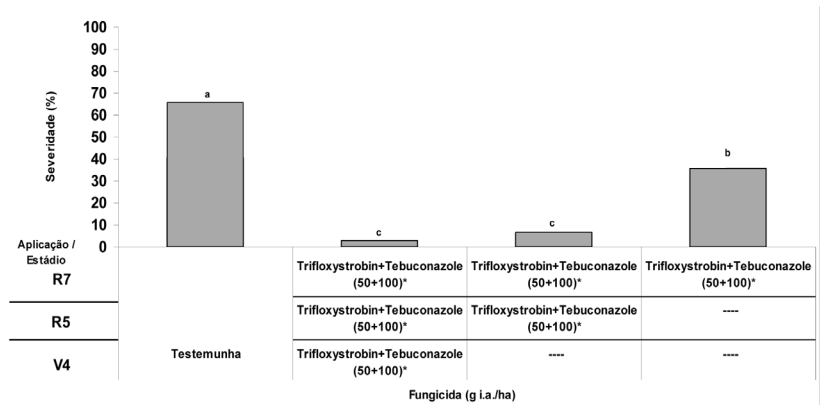


FIGURA 6 – Severidade (%) da mancha-angular (*Pseudocercospora griseola*) em função da aplicação de fungicidas. Castro, PR.

Fonte: SILVA; GALLO (2006).

Nota: (*) Adição de 432 g i.a./ha de óleo vegetal a base de éster metílico de óleo de soja.

Antracnose

A antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) se caracteriza por elevado potencial de dano à produção e à qualidade do grão colhido. Condições ambientais favoráveis ao desenvolvimento do fungo, temperaturas amenas e chuvas abundantes ocorrem principalmente nas épocas de semeadura mais antecipadas, de agosto a outubro. Contudo, em regiões de altitude elevada, onde a temperatura é amena na maior parte do ano, a antracnose representa risco em todas as épocas de semeadura.

O inóculo primário desse patógeno tem duas formas principais de se estabelecer nas lavouras: via restos culturais e via sementes. Sendo assim, a rotação de culturas representa o primeiro método de controle, na qual o período sem a cultura do feijão está entre 16 a 24 meses. O problema reside na reintrodução do patógeno via sementes contaminadas, que representa a principal forma de disseminação do patógeno. A obtenção de sementes livres do fungo é uma prática difícil, e sua erradicação via fungicida não tem sido possível até o momento. A produção de sementes em regiões de baixa favorabilidade climática, sistema de irrigação por gravidade e proteção da cultura através de programas eficientes de fungicidas representa a principal forma de obtenção de sementes livres do patógeno. É possível reduzir o risco de epidemias de antracnose por meio da rotação de culturas e uso de sementes saudáveis. Ademais, os esporos desse fungo são disseminados principalmente pelos respingos da chuva a curtas distâncias, o que torna a antracnose doença intrínseca a cada propriedade.

Mesmo com a adoção de todas as práticas culturais recomendadas, sempre existe o risco de ocorrência de epidemias de antracnose em regiões de clima favorável, principalmente pela infecção via semente. Sendo assim, o uso de fungicidas tem sido uma prática que garante a proteção das lavouras contra os elevados prejuízos ocasionados por essa doença. Entre os principais grupos químicos (triazóis, estrobilurinas, benzimidazóis e protetores), os mais ativos são os protetores (ftalonitrilas e organo-estânico) e as estrobilurinas. As estrobilurinas possuem ação principalmente protetora, sendo assim, corre-se o risco de falhas de controle quando utilizadas isoladamente. Os fungicidas protetores, apesar de serem preventivos, são à base de programas de controle químico, principalmente por possuírem múltiplos sítios de ação. Entre os fungicidas protetores, os pertencentes ao grupo dos organoestânicos têm demonstrado eficiência destacada em condições de elevada pressão de inóculo (Figura 7). O grande número de raças de *C. lindemuthianum* existentes também representa elevado risco de falhas de controle e desenvolvimen-

to de resistência do fungo. Os fungicidas do grupo dos benzimidazóis já apresentam níveis de controle muito variáveis, o que pode ser devido a menor sensibilidade de algumas raças do patógeno. A combinação de fungicidas protetores e estrobilurinas ou protetores e triazóis (Figura 8) em programas de controle químico tem apresentado resultados consistentes e seguros.

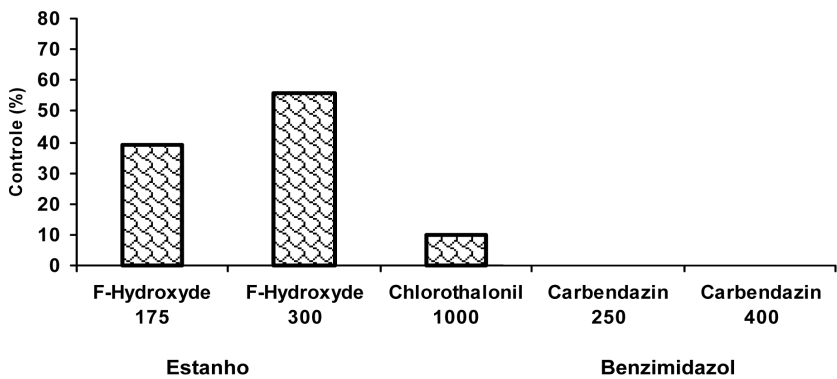


FIGURA 7 – Controle da antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris*) com duas aplicações de fungicidas, cultivar Bionobre, Castro, PR.
Fonte: SILVA; GALLO (2003).

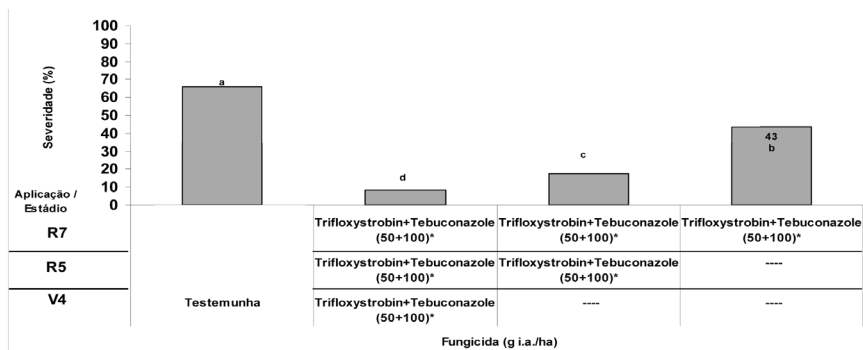


FIGURA 8 – Severidade (%) da antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) em função da aplicação de fungicidas. Castro, PR.
Fonte: SILVA; GALLO (2007).

Nota: (*) Adição de 432 g i.a./ha de óleo vegetal a base de Éster metílico de óleo de soja.

O momento de aplicação também é decisivo no controle da antracnose. Os principais momentos de controle da doença estão entre os 20 e 45 dias após emergência. A primeira aplicação de fungicida deve ocorrer no estágio fenológico vegetativo entre 20 e 25 dias após emergência (DAE), durante o qual o inóculo primário se estabelece no campo (Figura 8). O segundo momento é o mais importante e ocorre no estágio de botões florais, entre 40 e 45 DAE. Essa aplicação é realizada no momento em que cultura apresenta um índice de área foliar (IAF) que ainda permite uma excelente cobertura, sendo que após esse estágio o IAF limita significativamente a penetração da calda no dossel. A aplicação no estágio entre a formação das vagens e enchimento de grãos garante proteção final à cultura, principalmente em condições de elevada pressão de inóculo ou em situações em que as aplicações anteriores foram ineficientes. O intervalo entre aplicações está entre 10 a 21 dias, sendo o menor intervalo necessário, principalmente em condições de aplicações curativas.

Mofo-branco

O manejo do mofo-branco (*Sclerotinia sclerotiorum*) também faz parte de um programa de uso de fungicidas na cultura do feijão, sendo que sua ocorrência está ligada diretamente às condições climáticas de cada região e à presença de inóculo. Temperaturas amenas e umidade elevada próxima da floração são essenciais para o desenvolvimento da doença. A disseminação do fungo depende das sementes e das estruturas de resistência, os escleródios, como inóculo primário.

Em regiões de clima favorável, as aplicações de fungicidas estão condicionadas ao histórico de ocorrência da doença na área ou ao uso de sementes contaminadas. Os fungicidas de eficiência destacada são promicidone e fluazinam, embora fungicidas do grupo dos benzimidazóis possam ser utilizados em situações de baixa pressão de inóculo. Outros métodos de controle devem ser utilizados conjuntamente com os fungicidas, pois somente o controle químico não é eficiente em condições de

alta intensidade de mofo-branco. Pode-se destacar a cobertura do solo com restos culturais, época de semeadura, sementes livres do patógeno, redução da população de plantas, aumento do espaçamento entre linhas e semeadura direta.

O momento de aplicação é outro fator decisivo no sucesso no manejo do mofo-branco, devendo a mesma ser obrigatoriamente preventiva. Duas aplicações são necessárias para resultados consistentes e seguros, a primeira no estágio de botões florais (R5) e a segunda na fase de floração (R6) (Figura 10). O intervalo entre as aplicações pode variar entre 7 a 10 dias, sendo que a primeira aplicação tem maior importância. O volume de aplicação é outro fator importante no resultado final, sendo que volumes superiores a 400 L/ha são necessários para atingir o alvo. Na Tabela 1 são listados os fungicidas registrados ou em fase de registro para a pulverização da parte aérea da cultura do feijão.

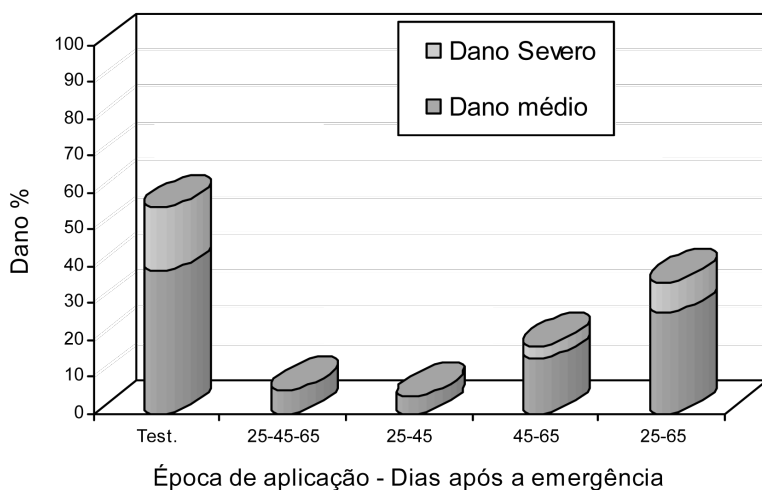


FIGURA 9 – Nível de dano da antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris*) em função da época de aplicação de fungicidas, cultivar Bio Nobre.

Fonte: SILVA; GALLO (1999).

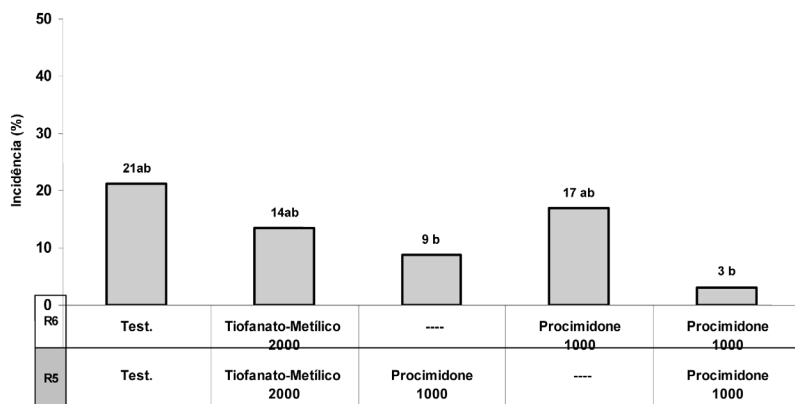


FIGURA 10 – Controle do mofo-branco (*Sclerotinia sclerotiorum*) na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris*) em função do fungicida e da época de aplicação e fungicidas, cultivar Juriti.

Fonte: SILVA; GALLO (2006).

“Os dados aqui apresentados sobre mistura de fungicidas são experimentais e, antes de qualquer recomendação, deve-se consultar a Legislação Estadual de Agrotóxicos, a fim de verificar se o uso dos produtos e das misturas é permitido por lei.”

TABELA 1 – Fungicidas registrados ou em fase de registro para controle das principais doenças da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris*).

(continua)

Nome Comercial	Nome Técnico	Grupo Químico	Doença Recomendada(*)	Dose (produto comercial)	Formulação (**)
Amistar	azoxystrobin	estrobirulinas	1,2,3	80-120 g/ha	grânulos
Bravonil Ultrex	clorotalonil	Ftalonitrila	1,3	1,5-1,8 Kg/ha	grânulos
Bravonil 500	clorotalonil	Ftalonitrila	1	2,0-3,0 L/ha	PM
Bravonil 750 PM	clorotalonil	Ftalonitrila	1,3	1,5-2,0 Kg/ha	PM
Caramba	metconazol	Triazol	2 (1,2,3)	0,5-1,0 L/ha	concentra- do solúvel
Cercobin 500 SC	tiofanato-metílico	benzimidazol	1,4	100 mL/100L	SC
Cercobin 700 PM	tiofanato-metílico	benzimidazol	1,4	70 g/100 L	PM
Cerconil Sc	clorotalonil + tiofanato-metílico	ftalonitrila + benzimidazol	1,2,3	1,5-2,5 L/ha	SC
Cerconil PM	clorotalonil + tiofanato-metílico	Benzimidazol + ftalonitrila	1,2,3,4	1,5-2,0 Kg/ha	PM
Celeiro	Tiofanato-metílico + flutriafol	Benzimidazol + triazol	1,2,3	600 mL/ha	SC
Cobre Sandoz BR	óxido cuproso	Cúprico	1,2,3	200 g/100 L	PM

(continuação)

Nome Comercial	Nome Técnico	Grupo Químico	Doença Recomendada(*)	Dose (produto comercial)	Formulação (**)
Comet	piraclostrobina	estrobilurinas	1,2,3	0,3 L/ha	CE
Cuprozeb	mancozeb + oxiclreto de cobre	ditocarbamato + cúprico	1,2,3	200 g/100 L	PM
Dacobre PM	clorotalonil + oxiclreto de cobre	ftalonita + cúprico	1,2	280g/100 L ou 2,5-3,0 Kg/ha	PM
Daconil BR	clorotalonil	Ftalonitrila	1	1,4-2,0 Kg/ha	PM
Dacostar 500	clorotalonil	Ftalonitrila	1	2,0-3,0 Kg/ha	SC
Dacostar 750	clorotalonil	Ftalonitrila	1	1,4-2,0 Kg/ha	PM
Derosal 500 SC	carbendazim	benzimidazol	1	0,3 L/ha	SC
Dithane PM	mancozebe	ditocarbamato	1,2,3	2,0 Kg/ha	PM
Dithiobin 780 PM	mancozebe+ tiofanato-metilico	ditiocarbamato + benzimidazol	1,2,4	2,0-2,5 Kg/ha	PM
Effect	clorotalonil + hexaconazol	Triazol ftalonitrila	1,2,3	1,0-1,5 L/ha	SC
Folicur PM	tebuconazol	Triazol	2,3	0,75-1,0 Kg/ha	PM
Folicur 200 CE	tebuconazol	Triazol	3	1,0 L/ha	CE

(continuação)

Nome Comercial	Nome Técnico	Grupo Químico	Doença Recomendada(*)	Dose (produto comercial)	Formulação (**)
Frownicide 500 SC	fluazinam	Piridinamida	4	1,0-1,5 L/ha	SC
Fungiscan 700 PM	tiofanato-metilico	benzimidazol	1,4	70 g/100 L	PM
Impact	flutriafol	Triazol	1,2,3	600 mL/ha	SC
Isatalonil 500 SC	clorotalonil	Ftalonitrila	1	1,0-2,5 L/ha	SC
Juno	propiconazol	Triazol	2,3	0,4 L/ha	CE
Kobutol 750	quintozeno	nitrobenzeno	4,5	500 g/100 L	PM
Manzate 800	mancozeb	ditiocarbamato	2,3	2,0 Kg/ha	PM
Mertim	hidroxido de fentina	Estano-orgânico	1,2	325 -1000 mL/ha	SC
metiltiofan PM	tiofanato-metilico	benzimidazol	1,4	90 g/100 L	PM
Nativo	tebuconazol+trifloxistrobina	Estrobirulinas + triazol	1,2,3	600 mL/ha	SC
Orius	tebuconazol	Triazol	1,2,3	600-800 mL/ha	CE
Palisade	fluquinconazol	Triazol	2	500 g/ha	PM

(conclusão)

Nome Comercial	Nome Técnico	Grupo Químico	Doença Recomendada(*)	Dose (produto comercial)	Formulação (**)
Ronilan	vinclozolina	Oxazolidina	4	1,0 Kg/ha	PM
Rovral	iprodiona	Hidantoínas	4	1 L/ha	PM
Saprol	triforine	Piperazina	2,3	1,5 L/ha	CE
Score	difeconazol	Triazol	2,3	0,30 L/ha	CE
Sialex 500	procimidona	dicarboximida	4	2,0 Kg/ha	PM
Support	tiofanato-metílico	benzimidazol	1,2,3	0,5-0,75 L/ha	PM
Sumilex	procimidona	dicarboximida	4	100-150 g/100L ou 1,0-1,5 Kg/ha e ou 2 Kg/ha via pivo central	PM
Tiofanil	chlorothalonil + tiofanato metílico	ftalonitrila + benzimidazol	1	1,5 Kg/ha	PM
Tilt	propiconazol	Triazol	2,3	0,4 L/há	CE
Vanox 500sc	clorotalonil	Ftalonitrila	1	2,0-3,0 L/há	SC
Vanox 750 Pm	clorotalonil	Ftalonitrila	1	1,4-2,0 Kg/há	PM

Notas: (*) 1= antracnose, 2= ferrugem, 3= mancha-angular. 4= mofo-branco, 5= mela. | (**) Formulação: PM= pó molhável, SC= suspensão concentrada, CE= concentrado emulsionável, grânulos dispersíveis em água.

3 REFERÊNCIAS

- ABAWI, G. S.; GROGAN, R. G. Source of primary inoculum and effects of temperature and moisture on infection of beans by *Whetzelinia sclerotiorum*. **Phytopathology**, v. 65, n. 3, p. 300-9, 1975.
- AMADOR, P. A. **Estimativa da duração do período de molhamento por orvalho em feijoeiro, baseada em parâmetros de estações climatológicas padrões**. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1987.
- AMORIM, L. Avaliação de doenças. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. **Manual de fitopatologia: princípios e conceitos**. São Paulo: Ceres, 1995.
- CHORIN, M.; HALFON, M. A. Losses caused by *Rhizoctonia solani* borne on bean seed. **Plant Disease Reporter**, v. 46, n. 4, p. 790-791, 1962.
- COLEY-SMITH, J. R.; COOKE, R. C. Survival and germination fungal sclerotia. **Ann. Rev. Phytopathology**, v. 9, p. 65-92, 1971.
- CONSALTER, A.; LEONARDI, R. V.; MARTINS, E. L. Efeito de tratamento de sementes com diferentes fungicidas, no controle dos principais patógenos causadores de “damping-off”, em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Poliagro**, Bandeirantes, v. 2, p. 37-43, 1980.
- COSTA, G. R.; COSTA, J. L. S. Efeito do fungicida vinclozolin na formação de apotécios de *Sclerotinia sclerotiorum* no solo. **Fitopatologia Brasileira**, v. 23, 1988b. Suplemento.
- COSTA, J. L. S.; BOTELHO, S. A. Application of fungicides through a center – pivot sprinkler for white mold control in dry beans. **Fungicides and Nematicides Tests**, v. 52, p. 93-94, 1997.
- DALLA PRIA, M. **Quantificação de parâmetros monocíclicos da antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) e da mancha-angular (*Phaeoisariopsis griseola*) do feijoeiro**. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1997.

DUDIENAS, C. et al. Efeito de fungicidas na produção, sanidade e qualidade fisiológica de sementes de feijão. **Fitopatologia Brasileira**, v. 15, n. 1, p. 20-24, 1990.

ELLIS, M. A.; GALVEZ, G. E.; SINCLAIR, J. B. Efecto de tres fungicidas sobre la germinación de semilla infectada de frijol (*Phaseolus vulgaris*). **Turrialba**, Coronado, v. 26, p. 399-402, 1976.

FERRAZ, L. C. L.; CAFÉ FILHO, A. C.; NASSER, L. C. B. Influência da altura da cobertura morta sobre o solo na formação de apotécios de *Sclerotinia sclerotiorum* no cultivo do feijoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, v. 21, p. 358, 1996b. Suplemento.

FORCELINI, C. A. **Use of low rates of fungicide to suppress initial waves of plant disease and to manage epidemics**. Tese (Doutorado) – University of Florida, Florida, 1997.

FOSTER, R. L.; SAMSON, R. G. Control of white mold of dry beans by fungicides applied via sprinkles irrigation. **Annual Report Bean Improvement Cooperative**, v. 27, p. 106, 1984.

FURLAN, S. H.; MENTEN, J. O. M. Efeito de regiões e épocas de produção na qualidade sanitária de sementes de feijoeiro no estado de São Paulo. **Fitopatologia Brasileira**, v. 14, p. 200-205, 1989.

GALINDO, J. J. et al. Source of inoculum and development of bean web blight in Costa Rica. **Plant Disease**, v. 67, n. 9, p. 1016-1021, 1983b.

HOMECHIN, M. Plantas daninhas hospedeiras de *Sclerotinia sclerotiorum*. **Fitopatologia Brasileira**, v. 7, p. 472, 1982.

HUANG, H. C. Histology, amino acid leakage, and chemical composition of normal and abnormal sclerotia of *Sclerotinia sclerotiorum*. **Can. J. Bot.**, v. 61, n. 5, p. 1443-7, 1983.

IAMAUTI, M. T. **Avaliação de danos causados por *Uromyces appendiculatus* no feijoeiro**. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1995.

IMHOFF, M. W.; MAIN, C. E.; LEONARD, K. J. Effect of temperature, dew period, and age of leaves, spores and sources pustules on germination of bean rust urediospores. **Phytopathology**, v. 71, p. 577-583, 1981.

IMHOFF, M. W.; MAIN, C. E.; LEONARD, K. J. Patterns of bean rust lesion size increase and spore production. **Phytopathology**, v. 72, p. 441-446, 1982.

IVANCIA, V. Influența adâncimii de încorporare în sol a sclerotilor de *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary asupra capacității lor de germinare. **Cercetări Agronomice în Moldova**, v. 25, n. 1, p. 205-8, 1992.

KOHLI, Y. et al. Local and Transcanadian clonal distribution of *Sclerotinia sclerotiorum* on Canola. **Phytopathology**, v. 82, p. 875-80, 1992.

KULIK, M. M. Symptomatology and epidemiology of several green bean diseases incited by seed-borne fungi. **Seed Science and Technology**, v. 12, p. 841-850, 1984.

LASCA, C. C. Estudos sobre a flora fúngica de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **O Biológico**, v. 44, p. 125-134, 1978.

LETHAN, D. B.; HUETT, D. O.; TRIMBOLI, D. S. Biology and control of *Sclerotinia sclerotiorum* in cauliflower and tomato crops in coastal New South Wales. **Plant Disease Reporter**, v. 60, p. 286-9, 1976.

LUZ, E. D. M. N. **Principais enfermidades do Feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) no estado do Acre. I. Microrregião do Alto Purus**. Rio Branco: EMBRAPA-UEPAE, 1978. (Comunicado técnico, 1).

MARIGONI, A. C.; TOFOLI, J. G.; FREGONESE, L. H. Ação de fungicidas in vitro sobre *Rhizoctonia solani* e no controle do tombamento do feijoeiro. **Summa Phytopatologica**, Jaguariúna, v. 18, n. 3/4, p. 269-273, 1992.

MCCARTNEY, H. A.; LACEY, M. E. Release and dispersal of *Sclerotinia* ascospores in relation to infection. Brighton Crop Protec. **Conf. Pest and Disease**, p. 109-6, 1992.

MCLAREN, D. L.; HUANG, H. C.; RIMMER, S. R. Control of apothecial production of *Sclerotinia sclerotiorum* by *Coniothyrium minitans* and *Talaromyces flavus*. **Plant Disease**, v. 80, p. 1373-8, 1996.

MENDES, B. M. J. **Influência de parâmetros de clima e do hospedeiro no desenvolvimento da ferrugem do feijoeiro (*Uromyces phaseoli* var. *typica* Arth.)**. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1987.

_____.; BERGAMIN FILHO, A. Adaptação da técnica de cultura de folha destacada para a quantificação dos parâmetros epidemiológicos monocíclicos da ferrugem do feijoeiro (*Uromyces phaseoli* var *typica*). **Fitopatologia Brasileira**, v. 11, p. 103-114, 1986.

MENEZES, J. R. **Controle integrado de *Phaeoisariopsis griseola* (Sacc.) Ferr. em *Phaseolus vulgaris* L. irrigado por pivô central**. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1996.

_____. Diagnóstico da patologia de sementes de feijão no Brasil. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 7, n. 1, p. 49-53, 1985.

_____. Testes de sanidade de sementes de feijão. In: SOAVE, J.; WETZEL, M. M. V. S. (Eds.). **Patologia de sementes**. Campinas: Fundação Cargill, 1987.

MERRIMAN, P. R. Survival of sclerotia of *Sclerotinia sclerotiorum* and effects of cultivation practices on disease. **Soil Biol. Bio. Chem.**, v. 11, p. 567-70, 1979.

MIKLAS, P. N.; GRAFTON, K. F. Inheritance of partial resistance to white mold in inbred population of dry bean. **Crop. Science**, v. 32, p. 943-8, 1992.

MOHAN, S. K.; BIANCHINI, A.; MENEZES J. R. **Doenças do feijoeiro no estado do Paraná: guia para identificação e controle**. 3. ed. Londrina: IAPAR, 1989.

MOHAN, S. K.; MENEZES, J. R. Doenças e seu controle. In: IAPAR – Fundação Instituto Agrônômico do Paraná. **Manual agropecuário para o Paraná**. Londrina: IAPAR, 1978.

MONROE, J. S.; SANTINI, J. B.; LATIN, R. A model defining the relationship between temperature and leaf wetness duration, and infection of watermelon by *Colletotrichum orbiculare*. **Plant Disease**, v. 81, n. 7, p. 739-742, 1997.

MORAES, M. H. D.; CASTELLANI, R. F.; LEITE, O. C. Tratamento químico de sementes de feijão para controle de patógenos presente nas sementes e no solo. **Informativo ABRATES**, v. 5, p. 110, 1995.

MORDUE, J. E. M. **Colletotrichum lindemuthianum**. Kew: Commonwelth Mycological Institute, 1971. (Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria, 316).

MOREIRA, W. A.; BARBOSA, F. R.; ROCHA, C. L. Eficiência de doses de vinclozolin no controle de *Sclerotinia sclerotiorum* em feijão sob pivô central. **Fitopatologia Brasileira**, v. 17, p. 175, 1992.

MULLER, A. S. Doenças do feijão em Minas Gerais. **Boletim de Agricultura, Zootecnia e Veterinária**, Belo Horizonte, v. 7, p. 383-388, 1934.

MYLCHREEST, S. J.; WHEELER, B. E. J. A method for inducing apothecia from sclerotia of *Sclerotinia sclerotiorum*. **Plant Pathology**, v. 36, p. 16-20, 1987.

NAITO, S. Studies on foliage blight of sugar beets. **Res. Bull. Hokkaido Natl. Agric. Exp. Stn.**, v. 139, p. 145-188, 1984.

NASSER, L. C. B. et al. Influence of crop residue and soil moisture on *Sclerotinia sclerotiorum*. In: ANNUAL MEETING OF THE CANADIAN PHYTOPATHOLOGICAL SOCIETY. **Anais...** Canadian, 1994.

NASSER, L. C. B.; ANJOS, J. R. N. Constatação de *Sclerotinia sclerotiorum* atacando o feijoeiro sob condições de irrigação por aspersão na região de São Gotardo – MG. **Fitopatologia Brasileira**, v. 10, n. 2, p. 222, 1985.

NEERGAARD, P. **Seed Pathology**. London: The MacMillan , 1979.

NOVEMBRE, A. D. L. C.; MARCOS FILHO, J. Tratamento fungicida e conservação de sementes de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 13, n. 2, p. 105-113, 1991.

OLIVEIRA, S. H. F.; BARROS, B. C.; CASTRO, J. L. Avaliação do efeito de fungicidas no controle de doenças da parte aérea e na qualidade das sementes de feijoeiro. **Summa Phytopathologica**, v. 18, p. 178-184, 1992.

OLIVEIRA, S. H. F.; DOMINGUES, R. J.; TOFOLI, F. G. Eficiência curativa de fungicidas no controle de mofo branco do feijoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, v. 20, p. 350, 1995. Suplemento.

OLIVEIRA, V. C.; COSTA, J. L. S. Viabilidade dos escleródios de *Sclerotium rolsii* e *Sclerotinia sclerotiorum* enterrados em diferentes profundidades de solo. **Fitopatologia Brasileira**, v. 23, 1998. Suplemento.

OYEKAN, P. O. Chemical control of web-blight and leaf spot of cowpea in Nigeria. **Plant Disease Reporter**, v. 63, n. 7, p. 574-577, 1979.

_____.; WILLIAMS, R. J. Evolution of fungicides for control of cowpea web-blight. **Ann. Phytopathology Society**, v. 31, p. 94-95, 1976.

PARLEVLIET, J. E. Components of resistance that reduce the rate of epidemic development. **Annual Review of Phytopathology**, v. 17, p. 203-222, 1979.

_____. Partial resistance of barley of leaf rust. *Puccinia hordei* I. Effect of cultivar and development stage on latent period. **Euphytica**, v. 24, p. 21-27, 1975.

PASTOR-CORRALES, M. A.; TU, J. C. Anthracnose. In: SCHWARTZ, H. F.; PASTOR-CORRALES, L. A. (Ed.). **Bean production problem in tropics**. Cali: CIAT, 1989.

PEDROSA, M.; TOLÊDO, E. D.; COSTA, J. L. S. Avaliação da resistência de genótipos do feijoeiro ao mofo-branco. **Fitopatologia Brasileira**, v. 23, 1998. Suplemento.

PEREIRA, J. C. R. et al. Controle integrado de *Sclerotinia sclerotiorum*. **Fitopatologia Brasileira**, v. 21, p. 254-60, 1996.

PHILLIPS, A. J. L. Fungi associated with sclerotia of *Sclerotinia sclerotiorum* in South Africa and their effects on pathogen. **Phytophylactica**, v. 21, p. 135-9, 1989.

PROSAD, K.; WEIGLE, J. L. Association of seed coat factor with resistance to *Rhizoctonia solani* in *Phaseolus vulgaris*. **Phytopathology**, v. 66, p. 342-345, 1976.

PURDY, L. H. *Sclerotinia sclerotiorum*: history, diseases and symptomatology, host range, geographic distribution, and impact. **Phytopathology**, v. 69, p. 875-80, 1979.

PYNDJI, M. M.; TRUTMANN, P. Managing angular leaf spot on common bean in Africa by supplementing farmer mixtures with resistant varieties. **Plant Disease**, v. 76, n. 11, p. 1144-1147, 1992.

RADKE, V. L.; GRAU, C. R. Effects of herbicides on carpogenic germination of *Sclerotinia sclerotiorum*. **Plant Disease**, v. 70, p. 19-23, 1986.

RAHE, J. E. Phytoalexin nature of heat-induced protection against bean anthracnose. **Phytopathology**, v. 63, p. 572-577, 1973.

_____, KUC, J. Metabolic nature of the infection-limiting effect of heat on bean anthracnose. **Phytopathology**, v. 60, p. 1005-1009, 1970.

RAVA, C. A.; PURCHIO, A. F.; SARTORATO, A. Caracterização de patótipos de *Colletotrichum lindemuthianum* que ocorrem em algumas regiões produtoras de feijão comum. **Fitopatologia Brasileira**, v. 19, p. 167-172, 1994.

RAVA, C. A.; SARTORATO, A. Controle químico de doenças fúngicas. In: ARAUJO, R. S. et al. (Coords.). **Cultura do feijoeiro-comum no Brasil**. Piracicaba: Potafos, 1996.

REZENDE, L. O. C. et al. Controle de *Sclerotinia sclerotiorum* de feijão-vagem. **O Biológico**, v. 35, p. 136, 1969.

RODRIGUES, C. H.; ZAMBOLIM, L.; MARTINS, M. C. P. Eficiência de fungicidas no controle da mancha-angular (*Isariopsis griseola*) do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*). **Fitopatologia Brasileira**, v. 12, p. 40-45, 1987.

SAETTLER, A. W. Angular leafspot. In: HALL, R. **Compendium of bean diseases**. St. Paul: APS Press, 1994.

SANTOS, A. F.; ATHAÍDE, J. F. Incidência de *Sclerotinia sclerotiorum* em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) na região serrana do estado do Espírito Santo. **Ceres**, v. 30, n. 169, p. 242-4, 1983.

SANTOS, G. R. et al. Transporte, transmissibilidade e patogenicidade da micoflora associada às sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ceres**, v. 42, n. 249, p. 621-7, 1996.

SARTORATO, A. **Resistência vertical e horizontal do feijoeiro-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) a *Isariopsis griseola* Sacc.** Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, Escola Superior e Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1989.

_____, RAVA, C. A. **Principais doenças do feijoeiro-comum e seu controle**. Brasília: EMBRAPA/SPI, 1994.

SCHWARTZ, H. F. Anthracnose. In: HALL, R. **Compendium of bean diseases**. St. Paul: APS Press, 1994.

_____. et al. Field measurement of white mold effects upon dry beans with genetic resistance or upright plant architecture. **Crop Science**, v. 27, p. 699-702, 1987.

_____.; STEADMAN, J. R. White mold. In: SCHWARTZ, H. F.; PASTOR-CORRALES, M. A. **Bean production problems in the tropics**. 2. ed. Cali: CIAT, 1989.

SHEW, H. D.; MAIN, C. E. Infection and development of target spot of fluecured tobacco caused by *Thanatephorus cucumeris*. **Plant Disease**, v. 74, n. 12, p. 1009-1013, 1990.

SMITH, F. A.; BOLAND, G. J. A reliable method for production and maintenance of germinated sclerotia of *Sclerotinia sclerotiorum*. **Can. J. Plant Pathology**, v. 11, p. 45-8, 1989.

STEADMAN, J. R. Control of plant diseases caused by *Sclerotinia* species. **Phytopathology**, v. 69, p. 904-7, 1979.

_____. White mold: a serious yield – limiting disease of bean. **Plant Disease**, v. 67, p. 346-50, 1983.

STONE, L. F.; SARTORATO, A. **O cultivo do feijão: recomendações técnicas**. Brasília: Embrapa, 1994.

SUTTON, D. C.; DEVERAL, B. J. Studies on infection of bean (*Phaseolus vulgaris*) and soybean (*Glycine max*) by ascospores of *Sclerotinia sclerotiorum*. **Plant Pathology**, v. 32, p. 251-61, 1983.

Controle Químico –

Nova Abordagem quanto ao Momento para o Controle da Antracnose e da Mancha-Angular

Erlei Melo Reis

Marta Maria Casa Blum

Ricardo Trezzi Casa

1 INTRODUÇÃO

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma importante fonte de proteína vegetal para a população humana. Essa espécie vegetal é cultivada em todo o território brasileiro numa ampla gama de condições climáticas e de níveis tecnológicos. O uso da tecnologia reflete-se no rendimento de grãos da cultura. As maiores produtividades são obtidas em cultivos irrigados, principalmente na região central do Brasil.

As principais doenças que ocorrem na cultura são: antracnose, causada pelo fungo *Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc. & Magn.) Lams.-Scrib; a ferrugem, causada por *Uromyces appendiculatus* (Pers.) Unger.; a mancha-angular, causada por *Phaeoisariopsis griseola* Sacc. Ferraris e o mofo-branco, causado por *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary, além de doenças bacterianas e virais.

O manejo integrado de doenças de plantas preconiza o uso conjunto de todas as medidas disponíveis para o controle de uma moléstia, tendo-se em vista a preocupação econômica e ambiental. Entre as táticas estão incluídas a resistência genética, a rotação de culturas, o uso de sementes

livres de patógenos, o tratamento de sementes com fungicidas, o controle biológico em todos os seus aspectos, o manejo da irrigação e da fertilidade do solo, o uso de população de plantas indicadas pela pesquisa e o uso de fungicidas em órgãos aéreos.

Em geral, quando se aborda o tema controle de doenças em órgãos aéreos, tem-se em mente a quimioterapia ou a aplicação de fungicidas nos órgãos aéreos das plantas. Contudo, é preciso lembrar que os fungicidas constituem-se numa dentre as várias ferramentas disponíveis para o controle de doenças.

2 CRITÉRIOS INDICADORES DO MOMENTO PARA APLICAÇÃO DE FUNGICIDAS

A assistência técnica tem à disposição várias opções quanto à tomada de decisão para aplicar fungicidas visando ao controle de doenças na cultura do feijão.

Os critérios utilizados para sinalizar o uso de fungicidas em órgãos aéreos das plantas podem ter uma base empírica ou científica. Os critérios baseados em princípios empíricos fundamentam-se principalmente na experiência.

2.1 CRITÉRIO PREVENTIVO OU PROTETOR

Por conceito, controle preventivo ou protetor é aquele no qual se aplica o fungicida antes da deposição do inóculo nos sítios de infecção. Nesse caso, a infecção ainda não ocorreu e por isso a quantidade de doença é zero em folíolos, folhas, plantas e na lavoura. Portanto, o controle preventivo ou protetor ocorre quando se aplica o fungicida antes da infecção. Cabe lembrar que a infecção compreende as subfases de deposição dos esporos sobre o tecido suscetível, germinação, penetração e estabelecimento do parasitismo.

Em algumas situações, para que se obtenha o controle preventivo a aplicação deve ser feita nos estádios fenológicos vegetativos, podendo requerer várias aspersões.

Sem o monitoramento sistemático não se sabe a extensão da doença na lavoura no momento da aplicação, havendo o risco de a intensidade das doenças ter ultrapassado o limiar de ação (LA).

2.2 CRITÉRIO CURATIVO

A ação curativa de um fungicida consiste na sua aplicação quando já ocorreu a infecção (pós-infecção) sem a presença ainda de sintomas/sinais (pré-sintomas) das doenças alvo do controle. A aplicação de fungicidas com ação curativa mata o fungo, que deixa de se desenvolver no interior do tecido vegetal. Houve a infecção, porém, os sintomas ainda não são visíveis. Nesse caso, como não há sintomas, não se pode proceder ao monitoramento tendo, portanto, este critério pouco valor prático.

2.3 CRITÉRIO ERRADICANTE

O tratamento é considerado erradicante quando se procede a aplicação do fungicida e já ocorrem sintomas/sinais das doenças em folíolos, hastes e vagens (pós-infecção, pós-sintoma). Alguns fungicidas matam os fungos mesmo nessa fase, os quais deixam de esporular, como no caso dos agentes causais da ferrugem e do oídio. Há pouca informação disponível sobre a ação erradicante dos fungicidas aplicados no controle de manchas foliares.

Ao se aplicar um fungicida, deve-se saber o quanto de doença ocorre naquele momento na lavoura, para que não haja risco de o LA ter sido ultrapassado e de não se saber se o controle é preventivo, curativo ou erradicante.

2.4 CRITÉRIO BASEADO EM ESTÁDIO FENOLÓGICO DO HOSPEDEIRO

Outra possibilidade consiste na aplicação de fungicidas visando ao controle das doenças num determinado estágio fenológico, como, por exemplo, a partir da floração. Nesse critério, por conceito, não leva em conta a quantidade de doença, o que pode torná-lo preventivo (protetor), curativo ou erradicante. Não se considera, portanto, a presença ou a ausência da doença e sua intensidade. De todo modo, o fungicida é aplicado para controle de fungos que causam doenças.

Em qualquer situação, quando se aplica um fungicida numa lavoura, o ideal é que se saiba qual a moléstia (diagnose correta do agente causal) e quanto de doença (intensidade) ocorre no momento do controle. Portanto, sem o monitoramento sistemático não há noção de que doença ocorre e da sua intensidade no momento da aplicação.

2.5 CRITÉRIO BASEADO EM CALENDÁRIO

Os fungicidas também podem ter sua aplicação com base no calendário. Nesse caso, normalmente a primeira aplicação é realizada fixando-se o número de dias após a semeadura ou a emergência. As demais aplicações também seguem um calendário, tendo como base, no entanto, o modo de ação e a persistência do fungicida aplicado.

Este critério também não considera a presença ou a ausência da doença e sua intensidade.

2.6 CRITÉRIO BASEADO NO INÍCIO DA DOENÇA

Para melhor compreensão do tema, formulamos a seguinte pergunta: o que é início de uma doença? Início da doença é uma expressão indefinida e subjetiva. Entende-se por início aquela quantidade presente no

momento em que se detecta a doença pela primeira vez. Portanto, deduz-se que qualquer intensidade pode ser tomada como início. Por outro lado, o início de uma doença deve obrigatoriamente ter um valor, um número que possa ser determinado através do método científico. Esse deve ser um valor mais próximo possível de 1% de incidência em órgãos para de fato refletir o início da doença.

Fitopatometria é o processo de quantificação de doenças e quantidade de doença é sinônimo de intensidade de doença. Teoricamente, a incidência pode ser expressa como incidência em indivíduos (proporção de plantas ou de indivíduos com e sem sintomas) e em órgãos, como, por exemplo, folhas, folíolos e vagens. O método mais sensível em fitopatometria é a incidência em indivíduos, seguida pela incidência em folhas e, por último, em folíolos e vagens.

A intensidade pode ser expressa também como severidade, que é a proporção da área foliolar coberta com lesões, ou ainda como número de lesões ou manchas por folíolo ou por centímetro quadrado.

Um exemplo numérico de início da doença é o limiar de ação (LA). Neste capítulo, propomos como início da antracnose e da mancha-angular o LA.

2.7 CRITÉRIO BASEADO NA RELAÇÃO CUSTO/BENEFÍCIO DO CONTROLE – UMA NOVA ABORDAGEM

Os critérios científicos que norteiam o uso de fungicidas em qualquer cultura fundamentam-se nas seguintes afirmações de Main (1977): (1) **“os agricultores cultivam a terra para ganhar dinheiro e não para alimentar milhões de famintos”** e (2) **“tanto a falta como o excesso do uso de medidas de controle (fungicidas, por exemplo) podem reduzir o lucro dos produtores”**.

Baseado nesses princípios, o uso de fungicidas numa cultura deve garantir a sustentabilidade econômica e ambiental da atividade agrícola. Por isso, se não ocorre a doença ou se não é econômico o seu controle não se deveria aplicar fungicida, pois isso contribui para a poluição ambiental. A proposta aqui apresentada contribui para a redução do custo de controle químico das doenças sem comprometer a eficiência de seu controle.

Os fungicidas constituem-se numa ferramenta importante para minimizar os danos causados pelas doenças, sendo uma medida emergencial, rápida e eficiente, porém, o seu uso aumenta o custo de produção. Em consequência, devem ser aplicados seguindo-se critérios que assegurem o retorno econômico ao reduzirem os danos causados pelas doenças.

Este capítulo é uma contribuição à sustentabilidade da cultura do feijão e à valorização profissional do Engenheiro Agrônomo, na medida em que reconhecemos nele um conhecimento diferencial quanto ao manejo integrado de doenças de plantas.

3 PRINCÍPIOS DE FISIOLOGIA DA PRODUÇÃO

Para melhor compreensão e fundamentação científica no uso do sistema proposto, conceituamos da seguinte forma os termos empregados no texto:

- » Cultura: população de plantas cultivadas para produzir alimento, fibra, medicamentos, semente, combustível ou outros produtos.
- » Produção: produto mensurável de valor econômico de uma plantação.
- » Rendimento: é a produção de partes econômicas da plantas. O rendimento deve ser considerado em função do objetivo da produção, como, por exemplo, se grãos ou se silagem, no caso do milho.

- » Produtividade: é a produção primária da biomassa; onde biomassa significa a acumulação de produtos em partes combustíveis pelas plantas.
- » Dano (D): é qualquer redução na qualidade ou na quantidade da produção.
- » Perda (P): é a redução em retorno financeiro por unidade de área devido à ação de organismos nocivos.
- » Função de dano e coeficiente de dano (Cd): é a relação entre o rendimento de grãos por uma função linear que mostra a quantidade de grãos que se deixa de produzir para cada 1,0% de aumento da incidência da doença. Serve de exemplo a função de dano expressa na Figura 1.
- » Limiar de dano econômico (LDE): é a intensidade da doença na qual o benefício do controle é igual ao seu custo.
- » Limiar de ação (LA): é a intensidade da doença na qual a medida de controle deve ser implementada para que a epidemia não exceda o LDE.
- » Índice de área foliar (IAF): é a relação entre área de folhas e a área de solo coberta pela folhagem. O IAF expressa a densidade de folhas, porém, não considerada a sanidade do tecido foliar.
- » Intensidade de doença (ID): é a quantidade de doença numa planta ou numa lavoura. A intensidade pode ser medida pela incidência, severidade ou pelo número de lesões/pústulas por área, uma folha, por exemplo.
- » Incidência (I): é a proporção de indivíduos (plantas) ou de órgãos (folhas) atacados por uma doença expressa em percentagem.
- » Severidade (S): é o percentual da área de um órgão, por exemplo, as folhas atacadas por uma doença.

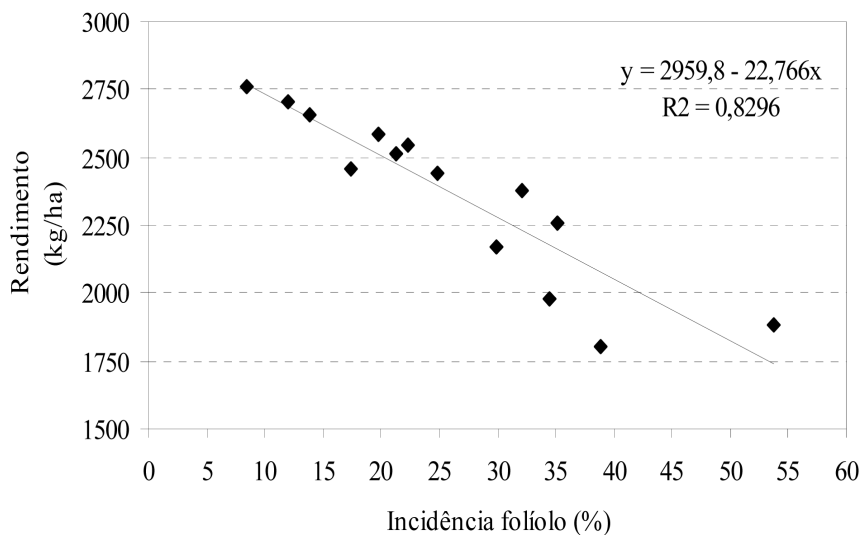


FIGURA 1 – Função de dano para a incidência da antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) em folíolos, onde $y = 2959,8 - 22,766x$, sendo y = rendimento e x = incidência, (ou $R = 1.000 - 7,69 I$, sendo R = rendimento e I = incidência), safra 2001/02, cultivar FT Nobre, FAMV/UPF, Passo Fundo, 2004.

Fonte: REIS et al (2005).

4 CUSTO DO CONTROLE QUÍMICO

Tendo como exemplo um custo de produção na cultura do feijão, em plantio direto, numa região produtora no estado do Paraná, no valor de US\$ 548,00/ha, o componente fungicida + aplicação corresponde a 11,7% do custo de produção para duas aplicações e a 26,3% para quatro aplicações (R\$ 90,00/ha/aplicação).

A racionalização do uso de fungicidas, assim como a redução da quantidade de fungicida lançada no ambiente, são metas importantes a serem atingidas na busca da sustentabilidade econômica e ambiental da produção de feijão.

A antracnose e a mancha-angular, além de provocarem redução no rendimento da cultura, também podem afetar a qualidade do produto,

resultando na descoloração, deformação, enrugamento ou manchamento dos grãos.

5 DANOS CAUSADOS PELA ANTRACNOSE E MANCHA-ANGULAR NA CULTURA DO FEIJÃO E CRITÉRIOS PATOMÉTRICOS

A quantificação de danos deveria ser um dos primeiros trabalhos a serem conduzidos pelos fitopatologistas. Em função do montante de danos melhor se poderiam eleger prioridades de pesquisa e alocar recursos em sua investigação.

São poucos os trabalhos publicados quanto aos danos causados numa cultura por suas doenças. Por outro lado, também são poucos os trabalhos disponíveis na literatura que quantificaram os efeitos das doenças sobre o rendimento de grãos.

Vários modelos podem ser utilizados para estimar danos de doenças de plantas. No modelo de ponto crítico, é possível se identificar um determinado estágio de desenvolvimento do hospedeiro no qual a intensidade de doença presente está altamente correlacionada com o dano futuro. Deduz-se que esse modelo, por sua simplicidade, tem aplicação prática para estimarem-se os danos que uma doença causa no hospedeiro em função do estágio de desenvolvimento fenológico e da intensidade da doença.

Foram geradas algumas equações que permitem estimar os danos causados pela antracnose e pela mancha-angular, segundo o modelo de ponto crítico, em função da intensidade das doenças em diferentes estádios fenológico do hospedeiro. As avaliações da intensidade das doenças foram realizadas em 20 trifólios e/ou vagens/parcela, coletados ao acaso, no terço médio das plantas em diferentes estádios fenológicos da cultura, a partir de V3 (segundo trifólio expandido). Quando os grãos atingiram a maturação fisiológica, procedeu-se à colheita mecanizada

(máquina de parcelas); imediatamente os grãos foram secos, trilhados, limpos de impurezas, pesados e estimado o rendimento de grãos.ha⁻¹.

Com relação ao efeito quantitativo da doença, avaliado pela incidência em folíolos, em vagens e pelo número de lesões por vagens sobre o rendimento de grãos de feijão, os dados obtidos são representados pelas equações de regressão nas Tabelas 1 e 3. Por tratarem-se de equações lineares, como a da Figura 1, os dados foram convertidos para um rendimento de 1.000 kg.ha⁻¹, de modo a facilitar a comparação e discussão dos dados (Tabelas 2 e 4).

O coeficiente de dano (segundo membro das equações, Tabelas 1 e 3) representa quantos kg de grãos de feijão são reduzidos para cada 1% (1,0 ponto percentual), ou uma lesão por vagem, da variável quantificada (incidência em folíolo ou vagem), em 1.000 kg de grãos produzidos.

TABELA 1 – Equações de regressão para rendimento de grãos (R) e incidência de antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) em folíolos (I), vagens (I) e número de lesões por vagem (NL), cultivar FT Nobre, FAMV/UPF, 2001/02.

VARIÁVEL	EQUAÇÕES	R ²
Incidência em folíolos	R = 2.959,8 - 22,766 I	0,83
Incidência em vagens	R = 2.974,7 - 12,399 I	0,84
Número de lesões por vagem	R = 2.700,8 - 34,807 NL	0,86

TABELA 2 – Funções de dano (ajustadas para o rendimento de 1.000 kg), e respectivos coeficientes de dano, para a antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris*), cultivar FT Nobre, FAMV/UPF, 2001/02.

Variável	Função de dano	Coeficiente de dano (Cd)(*)
Incidência em folíolos	R = 1.000 - 7,69 I	18,456
Incidência em vagens	R = 1.000 - 4,17 I	10,008
Número de lesões por vagem	R = 1.000 - 12,89 NL	30,936

Nota: (*) Considerou-se o rendimento médio de 2.400 kg.ha⁻¹.

TABELA 3 – Equações de regressão para rendimento de grãos (R) e incidência de mancha-angular (*Phaeoisariopsis griseola*) em folíolos (I), vagens (I) e número de lesões por vagem (NL), cultivar Pérola, FAMV/UPF, 2001.

Variável	Equações	R ²
Incidência em folíolos	$R = 2.612,03 - 11,017 I$	0,83
Incidência em vagens	$R = 2.630,04 - 10,591 I$	0,76
Número de lesões por vagem	$R = 2.499,62 - 113,703 NL$	0,74

TABELA 4 – Funções de dano (ajustadas para o rendimento de 1.000 kg), e respectivos coeficientes de dano, para a mancha-angular (*Phaeoisariopsis griseola*) da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris*), cultivar Pérola, FAMV/UPF, 2001.

Variável	Função de dano	Coefficiente de dano (Cd)(*)
Incidência em folíolos	$R = 1.000 - 4,22 I$	9,284
Incidência em vagens	$R = 1.000 - 4,03 I$	8,866
Número de lesões por vagem	$R = 1.000 - 45,49 NL$	100,078

Nota: (*) Considerou-se o rendimento médio de 2.200 kg.ha⁻¹.

Quando se observou a variável incidência em folíolos, o coeficiente de dano foi de 7,69 kg e 4,22 kg, respectivamente, para antracnose e mancha-angular. Para a variável incidência em vagens, o coeficiente de dano foi de 4,17 kg e 4,03 kg e, para a variável número de lesões por vagem, o coeficiente foi de 12,89 kg e 45,49 kg.

Observamos que todas as variáveis utilizadas permitiram a quantificação do coeficiente de dano para os estádios fenológicos a partir de V3. Sugerimos, portanto, que sejam utilizadas na prática as equações obtidas nos anos em que foram observados os maiores danos e os maiores coeficientes de determinação (R²) para maior segurança ao produtor de feijão.

Todos os métodos patométricos aqui utilizados são mais objetivos e precisos quando comparados com a severidade da doença. Uma vez que para ambas as doenças a qualidade da vagem compromete a formação

de grãos, seria interessante se trabalhar com a variável incidência em folíolos.

Chamamos a atenção para a necessidade de se estimar o rendimento potencial de grãos da lavoura e transformar, por regra de três, os valores correspondentes a 1.000 kg de rendimento para o rendimento potencial da área cujo dano se quer determinar. Por exemplo, para a função de dano para antracnose, $R = 1.000 - 7,69 I$ (Tabela 2) (incidência em folíolos): para cada 1% de incidência de antracnose em folíolos observada, reduz-se 7,69 kg em cada 1.000 kg produzidos. Logo, para um rendimento potencial de 2.400 kg.ha⁻¹ serão reduzidos 18,456 kg quando quantificada, na lavoura, uma incidência de 1% de antracnose em folíolos.

Uma vez disponíveis as funções de dano para a antracnose e para a mancha-angular do feijão (Tabelas 2 e 4) a partir da fórmula de Munford & Norton (1984), pode-se determinar o Limiar de Dano Econômico (LDE). Como resultado prático, o valor do LDE poderá ser utilizado na tomada da decisão quanto à necessidade ou não do controle químico das duas doenças alvo deste estudo, com base econômica.

Nesses trabalhos, as avaliações foram feitas a partir do início da epidemia, não havendo, portanto, ocorrência de desfolha da cultura. Esta somente foi detectada nas últimas quantificações quando foram observados valores mais elevados da intensidade das doenças, principalmente da mancha-angular. Por isso a desfolha, ocorrendo tardiamente, não deve ter interferido na precisão dos trabalhos.

6 CÁLCULO DO LIMIAR DE DANO ECONÔMICO (LDE)

O limiar de dano econômico pode ser calculado pela fórmula proposta por Munford & Norton (1984), modificada da seguinte forma:

$LDE = [Cc / (Pp \times Cd)] \times Ec$ onde:

Cc = custo do controle (fungicida + aplicação), R\$ 90,00/ha;

Pp = preço da tonelada de feijão, R\$ 1.100,00

C_d = coeficiente de dano; função de dano (incidência de antracnose em folíolos): $R = 1.000 - 7,69 I$ (Tabela 2)

Rendimento potencial da lavoura: 2.400 kg.ha^{-1}

$C_d = 7,69 \times 2.400 \text{ kg} = 18,456 / 1.000$ (1,0 t de feijão) = 0,018456

E_c = eficiência de controle, 0,9 (90%).

$LDE = [R\$ 90,00 / (R\$ 1.100,00 \times 0,018456)] \times 0,9 = 4,0 I$

LDE = 4,0% de incidência da antracnose em folíolos.

Esse valor não é fixo e, portanto, deve ser determinado para cada safra em função das variações normais de preços do mercado.

Com a incidência acima, ocorre uma perda de R\$ 90,00/ha; assim, através do controle químico esse valor nunca deveria ser ultrapassado.

Os pesquisadores têm proposto que em condições práticas o LDE não deve ser ultrapassado ao longo do ciclo da cultura e, para tanto, propuseram o Limiar de Ação (LA). O LA é sempre inferior ao LDE. O LA representa o início de uma epidemia e é nele que as medidas de controle devem ser implementadas.

7 CÁLCULO DO DANO ATUAL CAUSADO PELA ANTRACNOSE E MANCHA-ANGULAR NUMA LAVOURA.

Com as funções de dano das Tabelas 2 e 4 podemos calcular o dano atual causado por uma doença.

Exemplo do cálculo do Dano Atual:

Dano (D) = $C_d \times I$ onde:

C_d = coeficiente de dano

I = incidência quantificada na lavoura

Toma-se como exemplo uma incidência (I) de 30%, logo:

$D = 0,019225 \times 30$

$D = 0,576 \text{ t.ha}^{-1}$

8 CÁLCULO DA PERDA ATUAL CAUSADA PELA ANTRACNOSE E MANCHA-ANGULAR NUMA LAVOURA

As funções de dano também permitem o cálculo da perda atual, causada por uma doença.

Exemplo do cálculo da Perda Atual:

Perda (P) = $Pp \times Cd \times I$ onde:

Pp = preço do produto (feijão)

Cd = coeficiente de dano

I = incidência atual quantificada na lavoura (30%);

$P = R\$ 1.100,00 \times 0,019225 \times 30$

$P = R\$ 634,43$

9 REFERÊNCIAS

BERGAMIN FILHO, A.; AMORIM, L. **Doenças de plantas tropicais: epidemiologia e controle econômico**. São Paulo: Ceres, 1996.

BIANCHINI, A.; MARINGONI, A. C.; CARNEIRO, S. M. T. P. G. Doenças do feijoeiro. In: KIMATI, H. et al. (Org.). **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. 4. ed. São Paulo: Ceres, 2005.

BLUM, M. M. C. et al. Modelo de ponto crítico para estimar danos causados pela antracnose e mancha-angular em feijoeiro. In: REUNIÃO TÉCNICA CATARINENSE DE MILHO E FEIJÃO, 4., 2003, Lages. **Anais...** Lages: Graphel, 2003. p. 274-277.

COMISSÃO Estadual de Pesquisa de Feijão. **Indicações técnicas para a cultura do feijão no Rio Grande do Sul 2003/04**. Passo Fundo: UPF, 2003.

HALL, R. **Compendium of bean diseases**. St. Paul: The American Phytopathological Society, 1991.

HEWITT, H. G. **Fungicides in crop protection**. Wallingford: CAB International, 1998.

MAIN, C. E. Crop destruction: the raison d'être of plant pathology. In: HORSFALL, J. G.; COWLING, E. B. (Eds.). **Plant disease an advance treatise: how disease is managed**. New York: New York Academic Press, 1977.

MUNFORD, J. D.; NORTON, G. A. Economics of decision making in pest management. **Annual Review Entomology**, v. 29, p. 157-174, 1984.

NUTTER, F. W.; TENG, P. S.; ROYER, M. H. Terms and concepts for yield, crop loss, and disease thresholds. **Plant Disease**, v. 77, p. 211-215, 1993.

REIS, E. M. et al. Quantificação de danos causados pela antracnose e mancha-angular do feijoeiro. In: WORKSHOP DE EPIDEMIOLOGIA DE DOENÇAS DE PLANTAS, 1., Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG, 2005. p. 131-139.

VALE, F. X. R. et al. Quantificação de doenças e do crescimento do hospedeiro. In: VALE, F. X. R.; JESUS JUNIOR, W. C.; ZAMBOLIM, L. **Epidemiologia aplicada ao manejo de doenças de plantas**. Belo Horizonte: Perffil, 2004.

Tecnologia de Aplicação

Leandro M. Gimenez

1 INTRODUÇÃO

Para atingir os objetivos agronômicos, econômicos e respeitar o ambiente de produção devem ser observadas algumas limitações impostas pela tecnologia disponível para a aplicação de agroquímicos.

O planejamento da cultura, o respeito às condições climáticas, o conhecimento do equipamento utilizado, a identificação do alvo, a compreensão do modo de ação dos produtos aplicados e o treinamento e controle sobre os recursos humanos e mecanizados disponíveis requerem um profissional com visão técnica ampla do sistema de produção e que possua habilidades no relacionamento pessoal, de modo que os colaboradores da empresa estejam comprometidos com o trabalho que executam.

A busca contínua por novas tecnologias, seu estudo e adoção devem ser hábitos comuns do empresário agrícola na realidade que se descortina para que esse possa se manter no negócio. O cultivo adequado da cultura do feijão requer o emprego maciço de tecnologia e apresenta riscos mais pronunciados do que outras culturas de grãos. Nos últimos anos, ferramentas vêm sendo disponibilizadas pela indústria de máquinas agrícolas e de suprimentos para aplicação de agroquímicos como os sistemas para orientação (barras de luz, piloto automático), sistemas para

manutenção da regularidade da taxa de aplicação, pontas para produção de jatos e gotas com características as mais distintas, defensivos com formulações que atenuem as perdas com evaporação, deriva e problemas com entupimentos.

2 PLANEJAMENTO DAS APLICAÇÕES

Um bom sistema de aplicação de defensivos começa com o planejamento da cultura. O escalonamento da semeadura, comum para a cultura do feijão em algumas regiões, permite que se ampliem os períodos disponíveis para a realização de operações mecanizadas. Colocado em prática principalmente para assegurar que a colheita seja realizada no momento adequado e considerando a capacidade operacional para a colheita e para as aplicações, o escalonamento permite períodos relativamente longos para que estas últimas sejam realizadas. É necessário frisar, entretanto, que isso somente ocorrerá caso não haja operações simultâneas na propriedade como normalmente ocorre quando há rotação de culturas. O uso de serviços terceirizados, tão interessante para a redução do custo de produção (custo fixo), deve ser adotado somente se houver plena confiança no prestador de serviços, uma vez que a perda do momento de aplicação de defensivos como inseticidas e fungicidas causa danos severos. A capacidade operacional necessária para realizar as aplicações (hectares/hora) varia em função da região produtora, não havendo um valor que possa ser tomado como parâmetro fundamental. Uma maneira de se obter esse valor é considerar qual a maior área a ser aplicada em um período que seja crítico e determinar os equipamentos necessários para atingir esse objetivo. Por exemplo, se historicamente ocorre um ataque de insetos que deve ser controlado em um período máximo de dois dias e a área a ser tratada possui 120 ha, então será necessário tratar 60 ha ao dia. Se for possível trabalhar seis horas por dia, então os recursos mecanizados devem conseguir cobrir 10 ha por hora. Exercícios podem ser realizados em uma planilha eletrônica para simular condições de aplicação: horas trabalháveis, área a ser coberta, volume de aplicação, tempo de reabastecimento, capacidade do reservatório do pul-

verizador, comprimento da barra, velocidade de aplicação, entre outros, de modo que seja definido um sistema que funcione satisfatoriamente.

3 CONDIÇÕES CLIMÁTICAS DA REGIÃO

As condições climáticas no momento e local da aplicação devem ser respeitadas e se possível monitoradas para efeito de controle operacional. Um banco de dados com as condições de umidade relativa do ar (UR), temperatura (T), velocidade do vento (V) durante as aplicações e precipitações (P) antes e após as aplicações deve ser mantido para futuras averiguações. O respeito às condições climáticas restritivas às aplicações como UR inferior a 50%, temperaturas superiores a 35°C e ventos inferiores a 2 km/h ou superiores a 15 km/h, deve ser considerado.

A oscilação desses parâmetros é regional e, portanto, generalizar uma recomendação é um erro grave. Cabe ressaltar que não se devem realizar as aplicações em função do horário, mas sim das condições do ambiente, o que só é possível através do uso de equipamentos para o monitoramento como estações meteorológicas ou equipamentos manuais mais simples. O período mais quente do dia é restritivo para a maior parte das aplicações para a cultura do feijão, variando em função do local e época do ano.

Nem sempre é possível realizar as aplicações dentro dos intervalos, devendo-se nesses casos recorrer a tecnologias que auxiliem na redução de possíveis problemas, como, por exemplo, o aumento do volume de aplicação, uso de pontas que produzam gotas de tamanho maior, adjuvantes que reduzam a deriva e evaporação, assistência de ar na barra de pulverização e a redução da velocidade de deslocamento.

4 ALVO

A identificação do alvo a ser atingido é fundamental na escolha dos equipamentos e na estratégia de aplicação. O alvo pode ser desde a própria cultura em seu topo e/ou base e em determinada fase de seu desenvolvimento, até uma planta daninha ou inseto que pode estar na planta,

na superfície ou abaixo do solo. O momento de aplicação é definido pelo alvo a ser atingido. Insetos que apresentam hábitos noturnos para alimentação e que são controlados por produtos de contato exigem que as aplicações sejam noturnas, ao passo que alguns herbicidas necessitam da luz do sol e alguns fungicidas podem aproveitar a umidade do orvalho deixado durante a noite para apresentar melhor seu potencial.

A discussão junto ao responsável técnico pela cultura é fundamental para definir o alvo e a melhor estratégia para atingi-lo e, a partir desse momento, selecionar os equipamentos e métodos de aplicação mais adequados. O volume de aplicação, pressão de trabalho, tamanho de gota, formato do jato de aplicação, uso de assistência de ar na barra, adjuvantes, altura de trabalho da barra de pulverização, entre outros fatores, devem ser decididos com base no alvo a ser atingido.

5 EQUIPAMENTO

Dados os valores envolvidos e os riscos corridos pelo mau tratamento com agroquímicos é preponderante que os investimentos em equipamentos adequados para uso em aplicações sejam considerados.

Os equipamentos utilizados nas aplicações de defensivos podem ser de dois tipos: aéreos ou terrestres. Aplicações aéreas apresentam como grande vantagem a elevada capacidade operacional, reduzido volume de calda (5-30 L.ha⁻¹) e o uso de gotas com tamanho pequeno, o que pode permitir uma cobertura bastante satisfatória do alvo se forem respeitadas as condições climáticas e de operação da aeronave. Um fator a ser considerado são os ganhos em função do não amassamento da cultura que ocorreria em caso de aplicação terrestre, embora somente se não for realizada nenhuma entrada na lavoura com o pulverizador, algo bastante arriscado quando se considera a aplicação de produtos não seletivos para dessecação. Há diferentes sistemas para a geração de gotas em aplicações aéreas, sendo de fundamental importância que se constate na condição de aplicação se não está ocorrendo deriva e se o tamanho de

gotas que está sendo gerado é adequado para a cobertura do alvo. Alterações nas condições climáticas afetam tanto as aplicações aéreas como as terrestres. Outro aspecto de grande importância na qualidade das aplicações aéreas é assegurar que a distância entre passadas da aeronave seja adequada. Para um mesmo equipamento, essa distância depende da altura de aplicação, tamanho de gotas, velocidade de deslocamento e volume utilizado. Ventos podem alterar a faixa de deposição da calda e inclusive inviabilizar a aplicação caso seu sentido varie ao longo da operação. A colocação de papéis hidrossensíveis em uma linha transversal ao sentido de aplicação é recomendada para verificar a deposição.

A aplicação terrestre é realizada por equipamentos que se enquadram entre autopropelidos, de arrasto ou montados ao trator. Equipamentos de arrasto são ainda os mais comuns, mas apresentam como desvantagem uma maior dificuldade em manobrar e geralmente promovem as maiores perdas por amassamento. As perdas com amassamento são reduzidas na medida em que se aumenta o comprimento das barras, o que deve ser levado em consideração quando um novo equipamento for adquirido – respeitando-se, entretanto, as restrições impostas pelo formato dos talhões e pelas variações no relevo. Equipamentos com tanques maiores são também interessantes para aumentar a capacidade operacional, sobretudo quando a distância do local para reabastecer é longa e o solo possui estrutura suficiente para suportar maiores cargas sem a ocorrência de compactação. Nos últimos anos, os fabricantes têm disponibilizado equipamentos autopropelidos para atender a uma demanda do mercado por máquinas com maior capacidade operacional, muito em função dos problemas enfrentados com a ferrugem asiática da soja. Deve ser ressaltado que a operação desses equipamentos em velocidades consideradas altas, acima de 20 km/h, pode trazer problemas na qualidade de aplicação, caso não se respeite fatores como a pressão de trabalho e tamanho de gotas. O uso de gotas finas obtidas com pontas que produzem jatos cônicos, em condições de velocidade alta e de instabilidade na altura da barra, condena a qualidade da aplicação. A instabilidade na

altura da barra de pulverização é uma deficiência grave na maior parte dos equipamentos hoje utilizados (Figura 1). No caso da cultura do feijão, sobretudo em cultivares que apresentam hábito de crescimento prostrado, com plantas muito próximas ao solo e com elevada cobertura de folhas, a instabilidade da altura da barra faz com que os operadores a posicionem acima da altura adequada, aumentando o risco de deriva e reduzindo a penetração da calda no interior da lavoura.

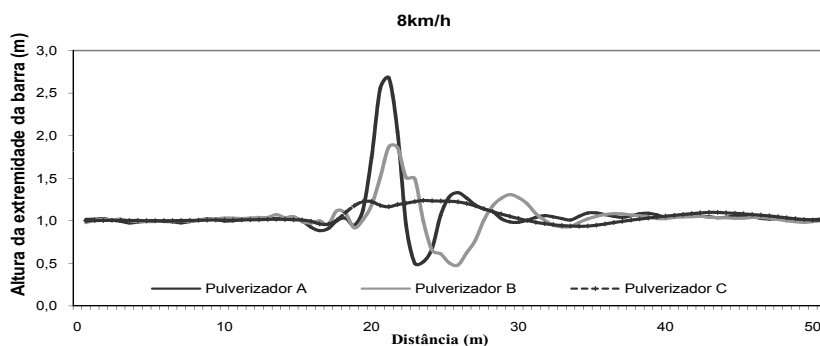


FIGURA 1 – Oscilação da altura da extremidade da barra de pulverização de três pulverizadores ao passar sobre o mesmo obstáculo.

A assistência de ar na barra de pulverização (sistema Vortex®, entre outros) pode auxiliar na penetração da calda, mas deve ser vista principalmente como ferramenta na redução da deriva, permitindo o trabalho em condições de vento mais alto e assim aumentando sua capacidade operacional. Os ajustes do fluxo de ar e do ângulo da cortina requerem monitoramento constante por parte do operador, sendo frequente o uso inadequado, principalmente na cultura do feijão. A velocidade do ar deve ser suficiente apenas para evitar a deriva, e devem ser utilizadas pontas que produzam um leque simples com gotas finas a médias. Se ao término de uma aplicação for verificada deposição de poeira na parte inferior da barra de pulverização, há um forte indício de que a velocidade do ar da cortina esteve muito alta e assim houve revolvimento das partículas superficiais do solo, sendo que grande parte do produto aplicado é perdida nessas condições.

A capacidade da bomba do pulverizador, geralmente expressa em L.min^{-1} , deve ser suficiente para permitir uma correta agitação da calda que está no tanque. De modo geral, recomenda-se que a capacidade da bomba seja 30% superior àquela máxima demandada na aplicação. Dessa forma, após calcular a vazão (L.min^{-1}) produzida por uma ponta para determinada velocidade, espaçamento entre pontas e volume desejado, multiplica-se pelo número de pontas na barra e se determina a capacidade da bomba necessária. Esse aspecto é importante para a cultura do feijão, pois muitas vezes o volume de aplicação é alto ($300\text{-}400 \text{ L.ha}^{-1}$) e as formulações de alguns produtos requerem agitação constante. Caso a capacidade da bomba seja baixa, pode ser necessário reduzir a velocidade de deslocamento.

As pontas de pulverização devem ser selecionadas em função do tamanho de gota desejado e da posição na qual o alvo se encontra. A seleção das pontas, embora possa ser feita com relativa simplicidade, ainda é vista como confusa por muitos. Há um padrão internacional de cores que a maior parte dos fabricantes procura seguir e que reflete a vazão da ponta a uma determinada pressão (Tabela 1).

TABELA 1 – Vazão de pontas de pulverização em função da especificação de cores.

Cor	Vazão (gal.min^{-1})(*)	Vazão (L.min^{-1})(*)
Laranja	0,10	0,385
Verde	0,15	0,577
Amarela	0,20	0,769
Roxa	0,25	0,962
Azul	0,30	1,154
Vermelha	0,40	1,538
Marrom	0,50	1,923
Cinza	0,60	2,308
Branca	0,80	3,077

Nota: (*) Vazões com água a 21°C e 40 lb/pol^2 ; gal.min^{-1} =galões por minuto; L.min^{-1} = litros por minuto.

Uma mesma ponta de pulverização produz gotas com tamanhos distintos. Alguns fabricantes fornecem informações sobre o diâmetro mediano volumétrico (DMV) das gotas em função do modelo de ponta, especificação de vazão e pressão de trabalho. O DMV é uma medida estatística que divide a distribuição de gotas de uma ponta de pulverização ao meio. Em função do DMV produzido pelas pontas elas são classificadas como produtoras de gotas predominantemente muito finas, finas, médias, grossas, muito grossas e extremamente grossas (Tabela 2).

Para escolher uma ponta de pulverização é preciso saber antecipadamente qual o volume a ser aplicado e o tamanho de gota desejado, definidos em função do alvo que se quer atingir. Produtos de contato requerem gotas finas a médias ao passo que para a maior parte dos produtos sistêmicos podem ser utilizadas gotas médias. Em alguns casos, como na aplicação de dessecantes sistêmicos, gotas grossas e muito grossas podem trazer benefícios pela redução no risco de deriva e evaporação das gotas, permitindo inclusive o uso de volumes menores e velocidades maiores. Um grande número de modelos de pontas de pulverização está disponível hoje. Talvez as pontas que mereçam maior destaque na atualidade sejam os jatos planos de baixa deriva com pré-orifício como AIXR - Teejet, ULD - Hypro, IDK - Lechler que em menores pressões (40-50 lb/pol²) produzem gotas grossas a muito grossas e que toleram o aumento da pressão (80-100 lb/pol²), produzindo gotas médias com elevada energia para penetrar no interior das culturas.

TABELA 2 – Classificação da pulverização em função do seu diâmetro mediano volumétrico (DMV).

Classificação	DMV (µm)
Muito Fina	< 119
Fina	120 – 216
Média	217 – 353
Grossa	354 – 464
Muito Grossa	> 464

Pontas de pulverização que produzem gotas muito finas e finas teoricamente permitem melhor cobertura, entretanto, na prática, considerando as condições climáticas durante as aplicações, devem ser evitadas sob pena de perdas elevadas na eficiência do produto aplicado ou de restrição do período de aplicação. As pontas com leques duplos são uma alternativa para aumentar a penetração de calda e benefícios podem ser esperados quando o índice de área foliar (IAF) não for elevado. Caso o IAF ultrapasse valores de 4-5 não são esperados ganhos pelo seu uso. Outra observação pertinente quanto a essas pontas é que o diâmetro dos orifícios das mesmas é metade daquele utilizado nas pontas de leque simples, logo, se há algum problema com entupimento de pontas com leque simples, no caso do leque duplo haverá restrições ainda maiores. O ideal é que se tenha mais de um jogo de pontas na barra de pulverização que permitam trabalhar com tamanhos de gota e vazões diferentes, como, por exemplo, um modelo para as aplicações com volumes baixos ($100-150 \text{ L.ha}^{-1}$) e gotas grossas, outro com volume baixo ($100-150 \text{ L.ha}^{-1}$) e gotas médias e um terceiro para volumes médios a altos ($250-300 \text{ L.ha}^{-1}$) e gotas médias.

As pontas de pulverização com inserto de cerâmica devem ser preferidas em relação às de aço e plásticos em função de sua durabilidade. Pontas de polímeros apresentam durabilidade variável em função do tipo de material e fabricante. Recomenda-se realizar periodicamente mensurações de vazão em cada uma das pontas do pulverizador para verificar se o ângulo do jato e a vazão estão adequados ou se é necessário realizar a troca. Variações de 10% na vazão em relação à especificação do fabricante ou de 5% em relação à média para a barra de pulverização são suficientes para condenar uma ponta. Caso seja necessário trocar um número razoável de pontas, deve se partir para a troca de todas.

6 RECURSOS HUMANOS

Os responsáveis pela operacionalização das aplicações devem estar preparados para o desenvolvimento de suas tarefas. Grande parte das

causas de aplicações inadequadas decorre do despreparo de seus executores. O conhecimento pleno do equipamento que opera, a realização das manutenções preventivas e o estabelecimento de uma relação de confiança entre operador e técnico responsável pela aplicação são fundamentais para atingir os objetivos pretendidos.

Muitos problemas têm sido verificados em inspeções de pulverizadores realizadas em diferentes regiões do país, demonstrando que a maior parte dos equipamentos está operando aquém de sua capacidade. A correção desse tipo de falha, que tem um custo tão elevado para o proprietário, somente se fará sentir com a valorização da mão de obra responsável pela operação.

7 REFERÊNCIAS

AZEVEDO, L. A. S. **Proteção integrada com fungicidas**. São Paulo: Luiz Antônio Siqueira de Azevedo, 2001.

GANDOLFO, M. A.; ANTUNIASI, U. R. Inspeção periódica de pulverizadores. **Energia na Agricultura**, Botucatu/SP, v. 18, n. 2, p. 67-76, 2003.

GARCIA, L. C. et al. Avaliação da qualidade da aplicação de um fungicida em função do tipo de ponta de pulverização e do estágio de desenvolvimento da cultura do feijão In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS, 2., 2001, Jundiaí, SP. **Anais...** Jundiaí, 2001.

GIMENEZ, L. M. **Aplicação de fungicidas na soja**. Castro, 2006. (Circular técnica Fundação ABC)

_____.; ANJOS, W. G. **Aplicação de herbicidas em pós-emergência em soja**: pontas de leque duplo e sentido de aplicação. 2005. (Relatório de pesquisa).

_____.; ANJOS, W. G. **Perdas em produtividade de soja devido a rastros de pulverização**: levantamento da situação. 2005. (Relatório de pesquisa).

_____.; ANJOS, W. G. **Tecnologia de aplicação de fungicidas em soja**: assistência de ar na barra. 2005. (Relatório de pesquisa).

_____.; ANJOS, W. G. **Tecnologia de aplicação de fungicidas em soja**: volume de aplicação, tipo de jato e assistência de ar na barra. 2005. (Relatório de pesquisa).

_____.; ANJOS, W. G.; MOLIN, J. P. **Avaliação da estabilidade de barras de pulverizadores tratorizados**. 2005. (Relatório de pesquisa).

MATTHEWS, G. A. **Pesticide application methods**. 2. ed. Essex: Longman Scientific & Technical, 1992.

SPRAYING Systems Co. **Catálogo 50-P**: Teejet, produtos de pulverização para agricultura. USA, 2007.

SRIVASTAVA, A. K.; GOERING, C. E.; ROHRBACH, R. P. **Engeneering principles of agricultura machines**. St. Joseph: ASAE, 1993.

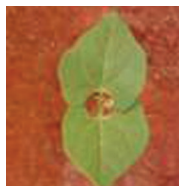
Lista de Fotos



V0: Germinação



V1: Emergência



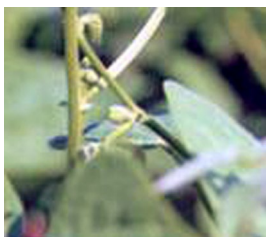
V2: Folhas Primárias



V3: 1ª Folha Trifoliada



V4: 3ª Folha Trifoliada



R5: Pré-Florescimento



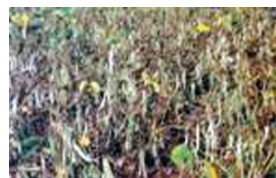
R6: Florescimento



R7: Formação de Vagens



R8: Enchimento de Vagens



R9: Maturação/Colheita

FOTO 1. Estádios fenológicos da cultura do feijão.

Fonte: FURLAN (2004)



FOTO 2. Crestamento bacteriano comum em folíolos de feijão. (Cortesia: A. C. Maringoni).



FOTO 3. Crestamento bacteriano comum em vagem verde. (Cortesia: A. C. Maringoni).

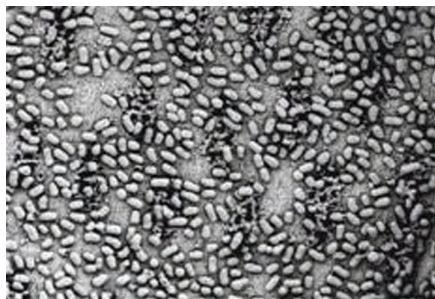


FOTO 4. Vaso de xilema colonizado por *Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens*. (Cortesia: A. C. Maringoni).



FOTO 5. Morte de plantas à murcha-de-curtobacterium. (Cortesia: A. C. Maringoni).



FOTO 6. Sementes de feijão naturalmente infectadas por *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*. (Cortesia: A. C. Maringoni).



FOTO 7. Folha com vírus do mosaico dourado.



FOTO 8. Planta com vírus do mosaico dourado.



FOTO 9. Folha com vírus do mosaico comum.



FOTO 10. Folha com vírus do mosaico-em-desenho.



FOTO 11. Antracnose em cotilédones



FOTO 12. Antracnose nos pecíolos.



FOTO 13. Antracnose na face inferior das folhas.



FOTO 14. Antracnose nas nervuras da face inferior das folhas.



FOTO 15. Lesões de antracnose em vagens.



FOTO 16. Mancha-angular em folha primária.



FOTO 17. Mancha-angular em folha trifoliolada.



FOTO 18. Folha com pústulas de ferrugem.



FOTO 19. Desfolha ocasionada por *Phakopsora pachyrhizi* em plantas de feijão.



FOTO 20. Folhas de feijão com *Uromyces appendiculatus* (folha inferior) e com *Phakopsora pachyrhizi* (folha superior).



FOTO 21. Folhas de feijão com *Uromyces appendiculatus* (folha inferior) e com *Phakopsora pachyrhizi* (folha superior).



FOTO 22. Folhas de feijão com uredínias de *Uromyces appendiculatus* (esquerda) e com uredínias de *Phakopsora pachyrhizi* (direita).



FOTO 23. Uredíniosporos de *Uromyces appendiculatus*

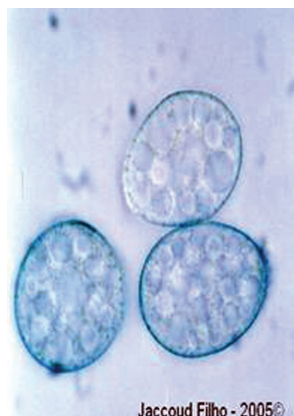


FOTO 24. Uredíniosporos de *Phakopsora pachyrhizi*



FOTO 25. Micélio de *Thanatephorus cucumeris* em folhas. (Cortesia: M. Lobo Júnior e G. R. Costa).



FOTO 26. Mela em folhas de feijão. (Cortesia: M. Lobo Júnior e G. R. Costa).



FOTO 27. Folhas do feijão destruídas por *Thanatephorus cucumeris* aderidas ao caule da planta. (Cortesia: M. Lobo Júnior e G. R. Costa).



FOTO 28. Sintomas causados por basidiósporos de *Thanatephorus cucumeris* em folhas. (Cortesia: M. Lobo Júnior e G. R. Costa).



FOTO 29. Produção de esclerócios de *Thanatephorus cucumeris*, em folhas. (Cortesia: M. Lobo Júnior e G. R. Costa).



FOTO 30. Escleródios de *Sclerotinia sclerotiorum* de diferentes tamanhos.



FOTO 31. Apotécios de *Sclerotinia sclerotiorum* germinando de escleródios.



FOTO 32. Apotécios de *Sclerotinia sclerotiorum* formados sobre o solo.



FOTO 33. Escleródios de *Sclerotinia sclerotiorum* no solo.



FOTO 34. Sintomas do mofo-branco em lavoura de feijão.



FOTO 35. Sintomas do mofo-branco em caules e hastes de feijão.

FOTO 36. Sintomas do mofo-branco em vagens.



FOTO 37. Sementes com escleródios e infectadas por micélio de *Sclerotinia sclerotiorum*.

FOTO 38. Detecção de *Sclerotinia sclerotiorum* em teste de sanidade de semente.



Informações sobre os Autores

Aloísio Sartorato

Engenheiro Agrônomo, D.Sc., Pesq. Embrapa Arroz e Feijão, Caixa Postal
179, CEP: 75375-000, Santo Antônio de Goiás, GO.

E-mail: sartorat@cnpaf.embrapa.br

Anésio Bianchini

Engenheiro Agrônomo, Dr. Virologia, Pesq. IAPAR. Rodovia Celso Garcia
Cid, Londrina, PR. E-mail: anesio@iapar.br

Antonio Carlos Maringoni (Bolsista do CNPq)

Professor Livre Docente, UNESP, Faculdade de Ciências Agrônomicas,
Depto. de Produção Vegetal, Setor de Defesa Fitossanitária, CP 237,
CEP: 18603-970, Botucatu, SP. E-mail: maringoni@fca.unesp.br

Antonio Luiz Fancelli

Engenheiro Agrônomo, Dr. e Docente do Depto. de Produção Vegetal,
ESALQ/USP, CP 09, Piracicaba/SP, CEP: 13418-900.

E-mail: fancelli@esalq.usp.br

Caroline Gulart

Mestranda do curso de Agronomia, UFMS, Chapadão do Sul, MS.

E-mail: carolgulart@yahoo.com.br

Cláudia Adriana Görgen

Pós-graduanda, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO

David de Souza Jaccoud Filho

UEPG, Biólogo, Engenheiro Agrônomo, Ph.D. Fitopatologia, Ponta Grossa, PR; CEP: 84030-900. E-mail: dj1002@uepg.br

Eduardo R. A. Bernardo

Engenheiro Agrônomo, D.Sc., Pesq. Embrapa Meio Ambiente, CP 69, CEP: 13820-000 Jaguariúna, SP. E-mail: eduardo@cnpma.embrapa.br

Eliana Cuellar Fernandes

Engenheiro Agrônomo, Fundação ABC para Assistência e Divulgação Agropecuária, CEP: 84.165-130, Castro, PR. E-mail: elianacfernandes@uol.com.br

Eliane Divina de Toledo Souza

UFG, Dr. Fitopatologia. Rod. Goiânia/Nova Veneza Km 0, c.p.131, Campus Samambaia, Depto. Fitossanitário, CEP 74001-970, Goiânia, GO.
E-mail: eliane.d.toledo@gmail.com

Erlei Melo Reis

Engenheiro Agrônomo, Dr. Fitopatologia, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, UFP, Passo Fundo, RS. E-mail: erleireis@tpo.com.br

Fabício Bona Passini

Engenheiro Agrônomo, Ms Agricultura, Agricultura, Pesquisador da Pioneer Sementes, Passo Fundo, RS, E-mail:fbpassini@gmail.com

Gesimária Ribeiro Costa

Centro Universitário de Goiás Uni-Anhanguera, Dr. Fitopatologia. Rua Prof. Lázaro Costa, 456, Cidade Jardim, CP 637, CEP: 74415-420, Goiânia, GO.
E-mail: gesimariacosta@uol.com.br

Gustavo de Faria Theodoro

Engenheiro Agrônomo, Dr., UFMS, Campus de Chapadão do Sul, CP 09, CEP: 79.560-000 Chapadão do Sul, MS. E-mail: theodoro@nin.ufms.br

Jeferson Zagonel

Engenheiro Agrônomo, Prof. Associado, UEPG, Depto de Fitotecnia e Fitossanidade, CEP: 84.030-900, Ponta Grossa, PR. E-mail: jefersonzagonel@uol.com.br

João Pereira Torres

Engenheiro Agrônomo, Dr., Faculdades Luiz Meneghel, CP 261,
CEP: 86.360-000, Bandeirantes, PR. E-mail: jptorres@ffalm.br

José Eustáquio de Souza Carneiro

Engenheiro Agrônomo, D.Sc., Prof. UFV, Depto de Fitotecnia, CEP: 36570-000,
Viçosa, MG. E-mail: jesc@ufv.br

Leandro M. Gimenez

Engenheiro Agrônomo, Ms Mecanização Agrícola, Fundação ABC para Assistência e Divulgação Técnica Agropecuária, Castro, PR.
E-mail: lmgimenez@yahoo.com

Lilian Amorim

Engenheiro Agrônomo, Ph.D. Fitopatologia Profª. Titular, ESALQ/USP,
Piracicaba, SP. E-mail: liamorim@esalq.usp.br

Marcelo Augusto Boechat Morandi

Engenheiro Agrônomo, D.Sc., Pesq Embrapa Meio Ambiente, CP 69,
CEP: 13820-000 Jaguariúna, SP. E-mail: mmorandi@cnpma.embrapa.br

Marcelo Giovanetti Canteri

Engenheiro Agrônomo Dr. Fitopatologia, Professor Associado, UEL,
Londrina, PR. E-mail: canteri@uel.br

Maristella Dalla Pria

Engenheiro Agrônomo, Ph.D. Fitopatologia, Professora Associada UEPG,
Depto de Fitotecnia e Fitossanidade, CEP: 84030-900, Ponta Grossa, PR.
E-mail: mdallapria@uepg.br

Marta Maria Casa Blum

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e Missões- URI, Erechim, RS.

Murillo Lobo Júnior

Engenheiro Agrônomo, D.Sc., Pesq. Embrapa Arroz e Feijão, CP 179,
CEP: 75375-000, Santo Antônio de Goiás, GO. E-mail: murillo@cnpaf.embrapa.br

Olavo Corrêa da Silva

Fundação ABC para Assistência e Divulgação Técnica Agropecuária,
CEP: 84165-130, Castro, PR,. E-mail: fundacaoabc@fundacaoabc.com.br

Pedro Marques da Silveira

Engenheiro Agrônomo, D.Sc., Pesq. Embrapa Arroz e Feijão, CP 179, CEP: 75375-000, Santo Antônio de Goiás, GO. E-mail: pmarques@cnpaf.embrapa.br

Reginaldo Lamberti Napoleão

Faculdades Federais Integradas de Diamantina, CEP: 39100-000, Diamantina, MG, E-mail: reginaldonapoleao@yahoo.com.br

Ricardo Balardin

Engenheiro Agrônomo, Ph.D. Fitopatologia, Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, UFMS, Chapadão do Sul, MS. E-mail: balardin@balardin.com

Ricardo Trezzi Casa

Centro de Ciências Agroveterinárias - Universidade do Estado de Santa Catarina. Lages, SC. E-mail: a2rtc@cav.udesc.br

Rodrigo Yoiti Tsukahara

Fundação ABC para Assistência e Divulgação Técnica Agropecuária, CEP: 84165-130, Castro, PR, E-mail: rodrigo@fundacaoabc.org.br

Rogério Faria Vieira

Engenheiro Agrônomo, D.Sc., Pesq. Embrapa/EPAMIG-CTZM, Vila Gianetti, 46, CEP: 36570-000, Viçosa, MG. E-mail: rfvieira@epamig.br

Tarcísio Cobucci

Engenheiro Agrônomo, D.Sc., Pesq. Embrapa Arroz e Feijão, Caixa Postal 179, CEP: 75375-000, Santo Antônio de Goiás, GO. E-mail: cobucci@cnpaf.embrapa.br

Trazilbo José de Paula Júnior

Bolsista produtividade do CNPq nível 2, Engo Agro, Ph.D., Pesq. EPAMIG/CTZM, Vila Giannetti 47, CEP: 36570-000, Viçosa, MG.
Email: trrazilbo@epamig.ufv.br

Wagner Bettiol

Bolsista produtividade do CNPq nível 2, Engo Agro, D.Sc., Pesq. Embrapa Meio Ambiente, CP 69, CEP: 13820-000 Jaguariúna, SP.
E-mail: bettiol@cnpma.embrapa.br

SOBRE O LIVRO

Tipologia Cambria, Calibri, Franklin Gothic Medium
e Franklin Gothic Medium Cond.

Ano 2018