

RENAN CARDOSO LIMA

MANEJO INTEGRADO DO MOFO-BRANCO DO FEIJOEIRO

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de Doctor Scientiae.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2015

Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa

T

L732m
2015 Lima, Renan Cardoso, 1986-
Manejo integrado do mofo-branco do feijoeiro / Renan
Cardoso Lima. – Viçosa, MG, 2015.
ix, 79f. : il. ; 29 cm.

Orientador: José Eustáquio de Souza Carneiro.
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.
Inclui bibliografia.

1. Feijão - Resistência a doenças e pragas. 2. Controle
integrado. 3. *Phaseolus vulgaris*. 4. *Sclerotinia sclerotiorum*.
5. Resistência genética. I. Universidade Federal de Viçosa.
Departamento de Fitotecnia. Programa de Pós-graduação em
Fitotecnia. II. Título.

CDD 22. ed. 635.652


RENAN CARDOSO LIMA

MANEJO INTEGRADO DO MOFO-BRANCO DO FELJOEIRO

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 19 de fevereiro de 2015.


Rogério Paria Vieira
(Coorientador)


Trazilbo José de Paula Júnior


Marilene Santos de Lima


João Bosco dos Santos


José Eustáquio de Souza Carneiro
(Orientador)

Aos meus pais, José Reinaldo e Rosely.
Aos meus irmãos, Natália, Ramon e Reinaldinho.
À minha noiva, Sarah.
À minha filha, Júlia.
Aos meus amigos.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por sempre me atender nos momentos mais difíceis e por mais esta etapa vencida.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, pela oportunidade concedida para a realização deste trabalho.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo.

Ao professor José Eustáquio de Souza Carneiro, pela orientação imprescindível na realização deste trabalho, pela amizade, pela confiança depositada em mim e pela disponibilidade.

Ao pesquisador, amigo e coorientador, Rogério Faria Vieira, pela amizade, pela orientação, pelos ensinamentos, pela paciência e pela confiança em mim depositada durante esses anos.

Ao estimado professor e coorientador, Paulo Roberto Cecon, pelas sugestões e pela paciência.

Aos Drs. Trazilbo José de Paula Júnior e Hudson Teixeira, pelos ensinamentos, pela amizade e pelo grande incentivo e atenção a mim dispensada.

Aos meus pais, José Reinaldo e Rosely, por vibrarem juntos em cada momento de vitória e pela força nos momentos mais difíceis.

Aos meus irmãos Natália, Ramon e Reinaldinho, pelo apoio e pelo carinho.

À minha noiva Sarah, pelo carinho e companheirismo.

À minha filha Júlia, meu maior sorriso e minha maior vitória, meu amor incondicional, você foi a força para que tudo isso fosse realizado.

A toda minha família e meus amigos, pelo suporte em todos os momentos.

Aos colegas e amigos do Programa de Melhoramento Genético do Feijoeiro, pela contribuição neste trabalho.

Aos funcionários e estagiários da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG-UREZM), pela ajuda e agradável convívio.

Aos funcionários das Estações Experimentais “Prof. Diogo Alves de Melo” e de Coimbra.

A todos os professores que contribuíram com minha formação acadêmica desde a graduação em Agronomia, sem os quais não teria obtido êxito.

MUITO OBRIGADO!

BIOGRAFIA

RENAN CARDOSO LIMA, filho de José Reinaldo Lima e de Rosely de Castro Cardoso Lima, nasceu em 27 de janeiro de 1986, em Viçosa, Estado de Minas Gerais.

Cursou o primário no Colégio COEDUCAR, em Viçosa, Estado de Minas Gerais.

De 1997 a 2003, cursou o ensino fundamental e médio no Colégio Ângulo de Viçosa, em Viçosa-MG.

Em março de 2004, iniciou o curso superior em Agronomia pela Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, colando grau em janeiro de 2009 como Engenheiro Agrônomo.

Em março de 2009, iniciou o curso de Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia pela Universidade Federal de Viçosa, obtendo o título de mestre em fevereiro de 2011.

Em março de 2011, iniciou o Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia pela Universidade Federal de Viçosa, em nível de doutorado, submetendo-se à defesa de tese em fevereiro de 2015.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	vii
ABSTRACT	ix
INTRODUÇÃO GERAL	1
CAPÍTULO 1	03
DENSIDADE DE FEIJOEIROS DO TIPO II DEVE SER REDUZIDA EM ÁREAS COM HISTÓRICO DE MOFO-BRANCO	03
RESUMO	03
ABSTRACT	04
1. INTRODUÇÃO	06
2. MATERIAL E MÉTODOS	08
3. RESULTADOS	14
4. DISCUSSÃO	27
5. CONCLUSÕES	31
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32
CAPÍTULO 2	35
GENÓTIPOS DE FEIJÃO COM RESISTÊNCIA DE CAMPO AO MOFO- BRANCO	35
RESUMO	35
ABSTRACT	36
1. INTRODUÇÃO	37
2. MATERIAL E MÉTODOS	38
3. RESULTADOS	44
4. DISCUSSÃO	52
5. CONCLUSÕES	55
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56
CAPÍTULO 3	59
ADAPTAÇÃO E RESISTÊNCIA A DOENÇAS NO BRASIL DE FONTES DE RESISTÊNCIA AO MOFO-BRANCO EM FEIJÃO-COMUM	59
RESUMO	59
ABSTRACT	60
1. INTRODUÇÃO	61
2. MATERIAL E MÉTODOS	62
3. RESULTADOS	66
4. DISCUSSÃO	69
5. CONCLUSÕES	75
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75
CONCLUSÕES GERAIS	79

RESUMO

LIMA, Renan Cardoso, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2015. **Manejo integrado do mofo-branco do feijoeiro**. Orientador: José Eustáquio de Souza Carneiro. Coorientadores: Paulo Roberto Cecon e Rogério Faria Vieira.

O mofo-branco (MB), causado pelo fungo *Sclerotinia sclerotiorum*, é a doença mais prejudicial ao feijoeiro na safra de outono-inverno. Aplicações de fungicidas, uso de cultivares de porte ereto, redução da população de plantas e resistência genética estão entre as medidas de controle mais importantes no manejo dessa doença. Os objetivos deste trabalho foram: avaliar a possibilidade de reduzir a densidade de feijoeiros do tipo II, que diferem quanto à resistência ao MB, em áreas com histórico da doença; avaliar linhagens de feijão dos ensaios de Valor de Cultivo e Uso (VCU) de Minas Gerais quanto à resistência ao MB e avaliar fontes de resistência ao MB da rede de ensaios "Bean White Mold Nursery" sob pressão de MB e outras doenças locais. Para avaliar a possibilidade de reduzir a densidade de feijoeiros do tipo II, que diferem quanto à resistência ao MB, seis experimentos foram conduzidos em dois locais (Viçosa e Oratórios, MG). Os tratamentos foram dispostos no arranjo fatorial 4 x 2 x 2: número de plantas por metro (4, 7, 10 ou 13), linhagens (CNFC 10720 ou VC 6) e com ou sem aplicação do fungicida fluazinam. A linhagem CNFC 10720 tem resistência parcial à doença e a VC 6 é suscetível. As principais características avaliadas foram incidência e severidade do MB e produtividade de grãos. Na avaliação das linhagens dos VCUs quanto à reação ao MB, foram realizados cinco experimentos de campo, em dois locais (Viçosa e Oratórios, MG), e dois em casa de vegetação. Na casa de vegetação, as plantas foram inoculadas pelo método straw test. No campo, as principais características avaliadas foram acamamento, intensidade do MB e produtividade de grãos. Em casa de vegetação foram avaliados o comprimento de lesão e a severidade da doença. Para avaliar linhagens da rede de ensaios "Bean White Mold Nursery", três experimentos de campo, em três locais (Viçosa, Oratórios e Coimbra, MG), e dois em casa de vegetação foram conduzidos. Na casa de vegetação, as plantas foram inoculadas pelo método straw test. No campo, as principais características avaliadas foram intensidade do MB, severidade de antracnose, mancha-angular e murcha-de-fusarium e produtividade de grãos. Em casa de vegetação foram avaliados o comprimento de lesão e a severidade da doença. Em relação a possibilidade de reduzir a densidade de feijoeiros do tipo II, os

resultados sugerem que a redução de 12 a 15 plantas por metro, recomendada atualmente, para 7 a 10 feijoeiros do tipo II por metro, estabilizam a produtividade, independentemente do grau de resistência da cultivar ao MB e do uso ou não de fungicida, em áreas com histórico de MB. Na avaliação de linhagens dos VCUs quanto à resistência ao MB, constatou-se que BRS Vereda e CNFC 10722 são boas fontes de resistência parcial no campo, e podem ser úteis em programas de melhoramento para resistência ao MB. A linhagem do tipo carioca VC 17 produz bem em áreas com histórico da doença, independentemente da intensidade da doença. As linhagens Cornell 605 e A 195, provenientes da rede de ensaios "Bean White Mold Nursery", se destacaram sob pressão de MB, antracnose, mancha-angular e murcha-de-fusarium. Elas apresentaram altos níveis de resistência ao MB, associada à alta produtividade de grãos e resistência ou resistência intermediária a outras doenças.

ABSTRACT

LIMA, Renan Cardoso, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, february, 2015. **Integrated management of white mold of bean.** Adviser: José Eustáquio de Souza Carneiro. Co-advisers: Paulo Roberto Cecon and Rogério Faria Vieira.

The white mold (WM), caused by the fungus *Sclerotinia sclerotiorum*, is the most harmful to bean plant disease in the autumn-winter crop. Applications of fungicides, the use of upright cultivars, reducing the plant population and genetic resistance are among the most important control measures in the management of this disease. The objectives of this study were to evaluate the possibility of reducing the density of the type II bean plants, which differ in resistance to WM when grown in areas with a history of the disease; evaluate bean lines in the tests of Cultivation and Use Value (CUV) in Minas Gerais for resistance to WM and evaluate sources of resistance to WM in the "Bean White Mold Nursery" network tests under pressure of WM, and other local diseases. To evaluate the possibility of reducing the density of the type II bean plants, which differ in their resistance to WM, six experiments were conducted at two sites (Viçosa and Oratórios, MG). The treatments were disposed in factorial arrangement 4 x 2 x 2: number of plants per meter (4, 7, 10 or 13); lines (CNFC 10720 or VC 6); and with or without application of the fungicide fluazinam. The CNFC 10720 line has partial resistance to the disease and the VC 6 is susceptible. The main characteristics that were evaluated are the incidence and severity of WM, and grain yield. In evaluating the lines of the CUV's for the reaction to WM five field experiments were conducted at two sites (Viçosa and Oratórios, MG), and two in the greenhouse. In the greenhouse, the plants were inoculated using the straw test method. In the field, the main characteristics evaluated were lodging, intensity of MB, and productivity. In the greenhouse, the length of injury and disease severity were evaluated. To evaluate lines of the network tests "Bean White Mold Nursery", three field experiments in three locations (Viçosa, Oratórios and Coimbra, MG), and two in greenhouse were carried out. In the greenhouse, the plants were inoculated using the straw test. In the field, the main characteristics that were evaluated are intensity of WM, anthracnose severity, angular leaf spot and fusarium wilt, and grain yield. In the greenhouse, the length of injury and disease severity were evaluated. Regarding the possibility of reducing the density of Type II bean plants, the results

suggest that the reduction of 12 to 15 plants per meter, currently recommended, to 7 to 10 plants per meter for the type II bean, stabilizes the productivity, regardless of the degree of the cultivar resistance to the WM and the use or not of fungicide in areas with a history of WM. In evaluating the CUV lines for resistance to WM, it was found that the BRS Vereda and CNFC 10722 are good sources of partial resistance in the field, and can be useful in breeding programs for resistance to WM. The VC 17 line of carioca beans has good production in areas with a history of the disease, regardless of its intensity. The Cornell 605 and A 195 lines, from the network testing "Bean White Mold Nursery", stood out even subjected to the action of WM, anthracnose, angular leaf spot and fusarium wilt. They showed high levels of resistance to WM, associated with high grain yield and resistance or intermediate resistance to other diseases.

INTRODUÇÃO GERAL

O mofo-branco (MB), causado pelo fungo *Sclerotinia sclerotiorum*, é a doença mais prejudicial ao feijoeiro na safra de outono-inverno. O MB é de difícil controle. A medida mais utilizada para controlá-lo é a aplicação de fungicidas, geralmente eficazes. No entanto, o alto custo desses insumos e seus efeitos deletérios ao ambiente e ao homem têm motivado a procura de novas opções de manejo da doença (Paula Júnior et al., 2006; Vieira et al., 2012). Além das aplicações de fungicida, outras medidas como uso de cultivares de porte ereto, redução da população de plantas (Vieira et al., 2010) e resistência genética (Miklas et al., 2013; Schwartz e Singh, 2013) estão entre as mais importantes no controle dessa doença.

Nas áreas irrigadas, predomina o uso do feijão do tipo III (hábito de crescimento indeterminado, prostrado). No entanto, o uso de feijões do tipo II (hábito de crescimento indeterminado, porte ereto) tem aumentado, principalmente para facilitar a colheita mecânica, mas também por reduzir os prejuízos com o MB (Ramalho et al., 2004). No cultivo do feijão do tipo II, recomendam-se 12 a 15 feijoeiros por metro e espaçamento entre fileiras de 0,4 a 0,5 m (Barbosa e Gonzaga, 2012). Em áreas com histórico de MB, essa população de plantas pode resultar em microclima relativamente mais frio e úmido no dossel, e assim favorecer o patógeno, como ocorre em feijoeiros do tipo III (Vieira et al., 2010). O único estudo relacionado ao MB encontrado na literatura, no qual foram testadas densidades de feijoeiros do tipo II, com espaçamento entre fileiras dentro da variação recomendada para as condições brasileiras, foi realizado no Canadá (Saindon et al., 1993). Nele, usou-se uma composição de linhagens do tipo II suscetíveis ao MB e o experimento foi conduzido sem fungicida. Com 0,45 m entre fileiras, as densidades de plantas entre 7,7 e 25 por metro não influenciaram a produtividade e a incidência do MB, quando esta atingiu 23% das plantas. Logo, são escassas as informações a respeito da densidade de feijoeiros do tipo II em áreas com histórico de MB. Estudos que incluem fatores como fungicida e resistência do genótipo ao MB não foram encontrados na literatura para esse tipo de feijão.

Não se conhece fontes de resistência completa a *S. sclerotiorum*. A dificuldade de se desenvolver linhagens de feijão resistentes a este fitopatógeno se deve ao fato de a resistência parcial ser quantitativa, com moderada a baixa herdabilidade (Miklas et al., 2004). Dois mecanismos podem estar envolvidos na

resistência ao MB: resistência fisiológica e escape (Kolkman e Kelly, 2002). A resistência fisiológica está relacionada com a defesa da planta que inibe a propagação do agente patogênico nos tecidos vegetais (Pascual et al., 2010). Os mecanismos de escape estão associados a caracteres morfológicos, como arquitetura ereta das plantas e porosidade do dossel (Kolkman e Kelly, 2002; Vieira et al., 2010), que alteram o microclima, e por isso limitam o estabelecimento e o desenvolvimento do fungo. A identificação de genótipos com resistência fisiológica ao MB tem sido realizada em casa de vegetação, com a inoculação de *S. sclerotiorum* nos feijoeiros (Steadmann et al., 2004, 2006). No campo é difícil discriminar os efeitos da resistência fisiológica e dos mecanismos de escape, pois ambos estão interligados.

A busca por fonte de resistência ao MB em feijoeiro estão apenas começando no Brasil. Em outros países, no entanto, genótipos com resistência parcial ao MB já foram identificados (Griffiths, 2009; Miklas et al., 2014; Miklas et al., 2013; Pascual et al., 2010; Schwartz e Singh, 2013; Singh et al., 2007). Estes genótipos podem ser úteis para os programas de melhoramento de feijão no Brasil. No entanto, não há informações disponíveis sobre o desempenho destes genótipos no Brasil.

Assim os objetivos deste trabalho foram: avaliar a possibilidade de reduzir a densidade de feijoeiros do tipo II, que diferem quanto ao nível de resistência ao MB, quando cultivados em áreas com histórico da doença; avaliar genótipos provenientes do programa de Melhoramento do Feijoeiro do convênio EPAMIG/UFLA/UFV/Embrapa Arroz e Feijão quanto à resistência ao MB; e avaliar fontes de resistência da rede de ensaios "Bean White Mold Nursery" no Estado de Minas Gerais sob pressão do MB e outras doenças locais.

CAPÍTULO 1

DENSIDADE DE FEIJOEIROS DO TIPO II DEVE SER REDUZIDA EM ÁREAS COM HISTÓRICO DE MOFO-BRANCO

RESUMO

O feijão é cultivado atualmente com densidade de 12 a 15 plantas por metro, mas em áreas com histórico de mofo-branco (MB) [*Sclerotinia sclerotiorum*] essa pode não ser a densidade mais apropriada. Nosso objetivo foi avaliar a possibilidade de reduzir a densidade de feijoeiros do tipo II, que diferem na resistência ao MB, quando cultivados em áreas com histórico da doença. A influência do uso de fungicida na resposta dos feijoeiros a densidades de plantas também foi avaliada. Três experimentos em Viçosa e três em Oratórios (Zona da Mata do Estado de Minas Gerais) foram conduzidos no outono-inverno, com irrigação, em área com histórico de MB. Os tratamentos foram disposto no arranjo fatorial 4 x 2 x 2: plantas por metro (4, 7, 10 ou 13), linhagens (CNFC 10720 ou VC 6), com ou sem aplicação do fungicida fluazinam. A linhagem CNFC 10720 tem resistência parcial à doença e a VC 6 é suscetível. A incidência média variou de 9,4% a 55,0%; a severidade, de 5,7% a 41,0%; e a produtividade, de 2518 a 3031 kg/ha. Na média dos seis experimentos, o fungicida reduziu a incidência do MB em 56%, a severidade em 63% e aumentou a produtividade em 24%. A linhagem com resistência parcial reduziu a incidência em 54% e a severidade em 59% em relação à linhagem suscetível. Os efeitos do uso da linhagem com resistência parcial ao MB na redução da incidência e severidade do MB foram semelhantes aos obtidos com o fungicida, mas esses efeitos não refletiram na produtividade (2851 kg/ha CNFC 10720 vs 2838 kg/ha na VC 6). Em condições de alta intensidade da doença e quando se usa fungicida, a linhagem com resistência parcial ao MB suporta maior quantidade de plantas por metro para estabilizar a produtividade do que a linhagem suscetível. O uso de 4 plantas por metro da linhagem suscetível, não influenciou a produtividade em relação às outras densidades, quando a pressão do MB foi moderada ou alta, independentemente do uso ou não de fungicida. No entanto, essa densidade pode reduzir a produtividade se a intensidade da doença for baixa/moderada ou baixa. Os

resultados deste estudo sugerem que 7 a 10 plantas do tipo II por metro estabilizam a produtividade na maioria das situações de intensidade de MB na lavoura.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*, *Sclerotinia sclerotiorum*, manejo integrado, população de plantas.

ABSTRACT

Beans are currently cultivated with a density of 12-15 plants per meter, but in areas with white mold history (*Sclerotinia sclerotiorum*) this may not be the best bean plants density. Our objective was to evaluate the possibility of reducing the density of type II bean plants that differ in resistance to white mold (WM) when grown in areas with a history of this disease. The influence of using fungicide in the response of the bean to plants densities was also evaluated. Three experiments were performed the city of Viçosa and also in the city of Oratórios (both in the Zona da Mata of Minas Gerais), during the autumn-winter seasons, with irrigation, in an area with a history of WM. The treatments were arranged in 4 x 2 x 2 factorial scheme: plants per meter (4, 7, 10 or 13), lines (CNFC 10720 or VC 6), with or without application of the fungicide fluazinam. The CNFC 10720 line has partial resistance to the WM disease and the VC 6 is susceptible. The average incidence of the WM ranged from 9.4% to 55.0%; the severity of 5.7% to 41.0%; and productivity, 2518-3031 kg/ha. On average, in the six experiments, the fungicide reduced the incidence of WM by 56%, severity by 63%, and increased productivity by 24%. The line with partial resistance reduced the incidence of WM by 54% and the severity about 59% compared to susceptible line. The effects due to the use of line with partial resistance to WM in reducing the incidence and severity of the disease were similar to those obtained with the fungicide, but these effects are not reflected in productivity (2851 kg/ha for CNFC 10720 compared with 2838 kg/ha for VC 6). The line with partial resistance to WM supports greater number of plants per meter to stabilize productivity than susceptible line under conditions of high intensity of the disease, when fungicide is applied. The use of 4 plants per meter of susceptible line did not influence productivity in relation to other densities, when the intensity of WM was moderate or high, regardless of the use or not of fungicide. However, this density can reduce productivity, if the intensity of the disease is low/moderate or low. The results

of this study suggest that 7-10 plants of type II per meter stabilize the productivity in most WM intensity situations in the field.

Keywords: *Phaseolus vulgaris*, *Sclerotinia sclerotirum*, integrated management, plant population.

1. INTRODUÇÃO

O feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é a leguminosa mais consumida no mundo (Blair, 2013). O Brasil é o maior produtor mundial de feijão, com produção de 2832 mil toneladas e produtividade média de 910 kg/ha na safra de 2012/2013. O Centro-Oeste e Sudeste produzem 49% do feijão do País. Nessas regiões, o cultivo é feito na primavera-verão, no verão-outono e/ou no outono-inverno. Minas Gerais, estado localizado no Sudeste do Brasil, é o maior produtor de feijão de outono-inverno (215 mil toneladas na safra de 2012/2013), com produtividade média de 2555 kg/ha (CONAB, 2013). Nas regiões produtoras de outono-inverno em Minas Gerais, as temperaturas são moderadas e as chuvas escassas. Por causa dessa escassez de chuvas os feijoeiros são irrigados. A alta umidade provocada pela irrigação, associada com temperaturas moderadas, favorecem o desenvolvimento do mofo-branco (MB), causado pelo fungo de solo *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary, que pode reduzir a produtividade do feijão em até 100% nessa época de cultivo (Barbosa e Gonzaga, 2012). Esse fungo habitante do solo, que ataca mais de 400 espécies de plantas (Boland e Hall, 1994), inclusive plantas daninhas, produz estruturas de resistência – os escleródios – que podem sobreviver no solo por mais de cinco anos sem a presença de hospedeiros (Cook et al., 1975; Adams e Ayers, 1979; Steadman, 1983). Por isso, uma vez introduzido na lavoura, a erradicação do fungo é muito difícil.

A medida mais utilizada para o controle do MB é a aplicação de fungicidas, geralmente eficazes (Vieira et al., 2003). No entanto, o alto custo desses insumos e seus efeitos deletérios ao ambiente e ao homem tem levado à procura de novas opções de manejo da doença. Entre as medidas de manejo que visam reduzir a umidade do dossel dos feijoeiros e do solo pela melhor aeração e penetração da luz solar estão: usar cultivares de porte ereto e espaçamento entre fileiras e entre plantas mais largos, espaçar mais e uniformizar as irrigações na fase reprodutiva, restringir ao mínimo necessário a adubação nitrogenada e controlar adequadamente plantas daninhas (Paula Júnior et al., 2006). Essas medidas são opções de baixo custo que podem ser associadas ao uso de fungicidas para reduzir os prejuízos dos agricultores com o MB.

Nas áreas irrigadas, predomina o uso do feijão do tipo III (hábito de crescimento indeterminado, prostrado). No entanto, o uso de feijões do tipo II (hábito

de crescimento indeterminado, porte ereto e dossel compacto) tem aumentado, principalmente para facilitar a colheita mecânica, mas também por reduzir os prejuízos com MB (Ramalho et al., 2004). No Brasil, estudos recentes indicam que há resistência parcial de campo ao MB em linhagens do tipo II provenientes dos programas de melhoramento de feijão (Vieira et al., 2012). Por isso, o lançamento de cultivares com essa resistência em feijão do tipo II deve ocorrer em um futuro próximo e assim, ampliar o leque de medidas de controle integrado do MB.

Atualmente, recomendam-se 12 a 15 feijoeiros do tipo II por metro e espaçamento entre fileiras de 0,4 a 0,5 m (Barbosa e Gonzaga, 2012). Em áreas com histórico de MB, essa população de plantas pode resultar em microclima relativamente mais frio e úmido no dossel e, assim, favorecer o patógeno, como ocorre em feijoeiros do tipo III (Vieira et al., 2010). No estudo desses autores, a produtividade da cultivar Pérola aumentou e a intensidade do MB diminuiu, ambos linearmente, quando o número de plantas por metro decresceu de 15 para 5 ou de 16 para 4. O único estudo relacionado ao MB encontrado na literatura, no qual foram testadas densidades de feijoeiros do tipo II com espaçamento entre fileiras dentro da variação recomendada para as condições brasileiras, foi conduzido no Canadá (Saindon et al., 1993). Nele, usou-se uma composição de linhagens do tipo II suscetíveis ao MB, e o experimento foi conduzido sem fungicida. Com 0,45 m entre fileiras, as densidades de plantas entre 7,7 e 25 por metro não influenciaram a produtividade e a incidência do MB. Nesse experimento a incidência média de MB foi 23%. Logo, são escassas as informações com respeito à densidade de feijoeiros do tipo II em áreas com histórico de MB. Estudos que incluem fatores como fungicida e resistência do genótipo ao MB não foram encontrados na literatura para esse tipo de feijão.

O objetivo foi avaliar a possibilidade de reduzir a densidade de feijoeiros do tipo II, que diferem quanto ao nível de resistência ao MB, quando cultivados em áreas com histórico da doença. A influência do uso de fungicida na resposta dos feijoeiros a densidades de plantas também foi avaliada.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Locais dos experimentos

Foram conduzidos seis experimentos na safra de outono-inverno (dois em 2011, dois em 2012 e dois em 2013) nos municípios de Viçosa (648 m de altitude; 20°45'14" S de latitude; e 42°52'55" W de longitude) e Oratórios (492 m de altitude; 20°25'5" S de latitude; e 42°47'28" W), localizados na Zona da Mata de Minas Gerais. As áreas utilizadas vêm sendo cultivadas com feijão há vários anos no outono-inverno e apresentam histórico de MB. Em Viçosa, onde experimentos relacionados a estudos com MB no feijão são conduzidos há 13 anos, raramente são observados apotécios quando os feijoeiros estão na fase reprodutiva. Já em Oratórios, os apotécios são facilmente observados. O solo das duas áreas são classificados como Argissolo Vermelho-Amarelo com uma inclinação de 1 a 3%. Antes da semeadura as propriedades físicas e químicas do solo foram analisadas a uma profundidade de 0-20 cm (Tabela 1). O fósforo disponível (P) e o potássio (K) foram avaliados por Mehlich 1, e os teores de Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Alumínio (Al) por extração com 1 mol/L de KCl. O pH do solo foi determinado com uma relação solo: água de 1:2,5.

Tabela 1. Propriedades químicas e físicas do solo de 0-20 cm de profundidade.

Locais	pH (H ₂ O)	mg/dm ³		cmol _c /dm ³			g/kg		
		K	P	Ca	Mg	Al	Argila	Silte	Areia
Viçosa	5,3	112	47	3,5	0,5	0,0	530	240	230
Oratórios	5,3	160	110	2,7	0,7	0,0	310	440	250

2.2. Tratamentos, delineamento experimental, parcelas e linhagens

Os experimentos foram conduzidos em esquema fatorial 4 x 2 x 2: plantas por metro (4, 7, 10 ou 13 plantas por metro), linhagens de feijão do tipo II (CNFC 10720 ou VC 6) e níveis de fungicida (com ou sem aplicação), totalizando 16 tratamentos. A linhagem CNFC 10720 tem resistência parcial ao MB (Vieira et al., 2012) e a linhagem VC 6 é suscetível a essa doença. A linhagem CNFC 10720 origina-se do

programa de melhoramento de feijão da EMBRAPA Arroz e Feijão e a VC 6, do programa de melhoramento da Universidade Federal de Viçosa. Ambas pertencem a classe de grãos do tipo carioca, que representa cerca de 70% do feijão comercializado no Brasil (Embrapa Arroz e Feijão). Para o controle do MB, foi usado o fungicida fluazinam (Frowncide 500 SC). As pulverizações com fluazinam (0,625 L/ha) foram realizadas com pulverizador de CO₂ equipado com barra de dois bicos de jato cônico, espaçados de 0,5 m, com volume de água de 700 L/ha. A primeira aplicação do fungicida foi realizada no estádio R6 (20 a 50% das plantas com pelo menos uma flor aberta) e a segunda dez dias depois (pleno florescimento e início de formação de vagens, fase R7). As instruções do fabricante para controle do MB em feijoeiro são uma aplicação do produto no início da floração seguida de uma ou duas aplicações com intervalos de sete a dez dias. O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições. Cada parcela experimental foi composta por cinco fileiras de 3 m, espaçadas de 0,5 m. A área útil constou das três fileiras centrais da parcela.

2.3. Instalação e condução do experimento

Aproximadamente três semanas antes da semeadura foi aplicado glifosato, na dose de 2 L/ha, sobre as plantas daninhas presentes na área. Entre dois e cinco dias antes da semeadura, preparou-se o solo com arado e grade niveladora. A semeadura foi realizada manualmente. Para obter as densidades de plantas desejadas, foram usadas 50% a mais de plantas do que o previsto em cada tratamento e, no estádio V3 (primeira folha trifoliolada), foi realizado o desbaste para a densidade desejada. Na adubação de plantio, foram empregados 350 kg/ha da formulação comercial 8-28-16 (N-P₂O₅-K₂O). Em cobertura, no estádio V4 (terceira folha trifoliolada), foram distribuídos em filete ao lado das plantas 150 kg/ha de uréia e as plantas foram pulverizadas com solução de molibdato de sódio (0,06 kg/ha de molibidênio). Nesse estádio, as plantas daninhas foram controladas com uma mistura comercial de fomesafen (0,25 kg/ha) e fluazifop-p-butil (0,20 kg/ha). Para o controle de tiririca (*Cyperus rotundus*), foi realizada uma capina manual entre as linhas das parcelas nos estádios V3 e V4. O controle de pragas, especialmente o da cigarrinha-verde (*Empoasca kraemeri*), foi realizado com deltametrina (Decis 50 SC), na dose de 0,08 kg/ha e/ou metamidofós (Tamaron SL), na dose de 0,4 kg/ha. Em V4, as plantas

foram preventivamente pulverizadas com o fungicida azoxistrobina (Amistar 500 WG) a 0,08 kg/ha para controlar a mancha-angular, causada por *Pseudocercospora griseola*, e a antracnose, causada por *Colletotrichum lindemuthianum*. A área foi irrigada com aspersores posicionados a 1,5 m acima do nível do solo. A irrigação foi fornecida em intervalos de dois dias da semeadura até a emergência das plântulas. Desde a emergência das plântulas até a colheita, a irrigação foi realizada uma vez por semana, com pelo menos 40 mm de água. Cinco variáveis meteorológicas (precipitação pluvial, temperatura máxima e mínima, duração de luz e umidade relativa) foram obtidas em uma estação automática localizada próxima aos experimentos de Viçosa e Oratórios. Os dados meteorológicos são apresentados na Tabela 2.

1 **Tabela 2.** Médias mensais de precipitação, temperaturas máxima e mínima, duração de luz e umidade relativa, no período de abril a agosto de
 2 2011-2013 nos municípios de Viçosa e Oratórios, MG.

VIÇOSA															
Mês	Precipitação pluvial (mm)			Temp. Max. (°C)			Temp. Min. (°C)			Duração de luz (h)			Umidade relativa (%)		
	2011	2012	2013	2011	2012	2013	2011	2012	2013	2011	2012	2013	2011	2012	2013
Abril	43,5	52,9	119,6	26,5	27,8	26,3	17,4	16,9	16,5	155,5	189,0	148,3	85,2	83,1	83,5
Maio	2,6	104,0	62,1	24,7	23,6	24,7	13,6	14,3	13,7	250,6	168,3	252,1	81,6	83,8	84,5
Junho	22,7	8,4	24,7	23,0	24,3	24,3	11,4	14,1	20,4	156,9	168,4	146,3	82,5	86,3	84,4
Julho	0,0	0,4	1,9	23,9	24,8	24,0	9,9	10,9	12,3	279,8	245,6	172,1	80,5	82,7	82,1
Agosto	4,8	5,5	3,5	27,2	25,4	25,8	12,7	11,9	12,0	185,7	206,9	222,2	70,1	77,5	74,2

ORATÓRIOS															
Mês	Precipitação pluvial (mm)			Temp. Max. (°C)			Temp. Min. (°C)			Duração de luz (h)			Umidade relativa (%)		
	2011	2012	2013	2011	2012	2013	2011	2012	2013	2011	2012	2013	2011	2012	2013
Abril	65,0	33,9	76,9	30,5	32,3	32,3	9,4	10,7	10,7	155,5	153,4	154,8	80,2	80,6	80,4
Maio	4,3	128,3	53,0	34,7	35,2	35,2	9,6	10,6	10,6	130,6	133,3	136,3	71,6	71,4	71,5
Junho	26,5	4,8	25,5	28,0	29,2	29,2	11,4	10,3	11,7	115,9	114,8	110,2	72,5	62,5	62,3
Julho	0,0	0,0	0,0	28,9	29,1	29,1	7,9	7,7	7,7	119,8	116,2	116,2	70,5	72,8	72,8
Agosto	0,0	4,8	3,5	29,2	31,0	31,0	6,7	5,9	5,9	139,7	133,1	133,1	70,1	64,3	64,3

1 2.4. Características avaliadas

2

3 Foram avaliadas cobertura do solo, acamamento, intensidade do MB
4 (incidência + severidade), severidade de mancha-angular, população final de plantas
5 e produtividade de grãos.

6 A cobertura do solo foi avaliada visualmente, por ocasião do florescimento,
7 momento que coincidiu com a primeira aplicação de fluazinam. Para tal, observaram-
8 se as plantas de uma extremidade da parcela (olhando para baixo) e estimou-se,
9 visualmente, a proporção da superfície do solo visível entre as linhas (quando a
10 superfície do solo não estava visível, havia 100% da cobertura do solo pelas plantas).

11 A severidade de mancha-angular foi avaliada em R7 (formação das vagens),
12 utilizando-se uma escala de notas adaptada de van Schoonhoven e Pastor-Corrales
13 (1987): 1 = sem sintomas visíveis; 3 = baixo; 5 = moderado; 7 = severo; 9 = muito
14 severo.

15 O acamamento foi avaliado quando a maioria das plantas atingiram a
16 maturidade fisiológica, com notas de 1 a 5 (Vieira et al., 2002), em que: 1 = todas as
17 plantas eretas; 2 = todas as plantas ligeiramente inclinadas ou algumas plantas
18 caídas; 3 = todas as plantas moderadamente inclinadas (45°) ou 25% a 50% das
19 plantas caídas; 4 = todas as plantas consideravelmente inclinadas ou 50% a 80% das
20 plantas caídas; e 5 = todas as plantas fortemente inclinadas ou 80% a 100% das
21 plantas caídas.

22 A avaliação da incidência e severidade do MB foi feita durante a maturação
23 das plantas. A incidência do MB representou a percentagem de número de plantas
24 doentes. A severidade foi avaliada utilizando-se o índice de severidade da doença
25 (ISD) (Kolkman e Kelly, 2002). Para o cálculo do ISD, as plantas de cada parcela
26 foram, primeiramente, avaliadas usando uma escala de notas de 0 a 4 (Hall e Phillips,
27 1996), em que 0 = planta sadia, 1 = 1 a 25% da planta com sintomas de MB, 2 = 26 a
28 50% das plantas com sintomas, 3 = 51 a 75% das plantas com sintomas e 4 = acima
29 de 76% da planta com sintomas. O ISD foi calculado para cada parcela com base na
30 seguinte fórmula:

$$31 \quad \text{ISD} = \frac{\sum (\text{nota atribuída a cada planta})}{4 \times (\text{total de plantas avaliadas})} \times 100$$

1 Após a trilha e beneficiamento das sementes, estas foram pesadas e o teor de
2 água foi determinado. A produtividade foi estimada em sementes com 14% de água.

3

4 2.5. Análise estatística

5

6 Os dados foram submetidos à análise de variância. Os experimentos foram
7 analisados individualmente. A homogeneidade de variância dos dados foi verificada
8 pelo teste de Bartlett e a normalidade pelo teste de Lilliefors. A significância do F foi
9 empregada para comparar linhagens e níveis de fungicida. Foi utilizado o teste de
10 Duncan a 5 % de probabilidade para comparar as médias do número de plantas por
11 metro. Essas análises foram efetuadas pelo programa SAEG (Sistema para Análises
12 Estatísticas, 2007).

13

3. RESULTADOS

3.1. Resultados gerais

Na média dos seis experimentos, a incidência variou de 9,4% a 55,0%; a severidade (ISD), de 5,7% a 41,0%; e a produtividade, de 2518 a 3031 kg/ha (Tabelas 3 e 12). O acamamento médio da linhagem CNFC 10720 foi 2,0 e o da linhagem VC 6, 2,4. A cobertura média do solo foi de 81% na linhagem CNFC 10720 e 84% na VC 6. Na média dos seis experimentos, o fungicida reduziu a incidência em 56%, a severidade em 63% e aumentou a produtividade em 24%. A linhagem CNFC 10720 reduziu a incidência do MB em 54% e a severidade em 59% em relação à linhagem VC 6 (Tabelas 3 e 12). A produtividade média destas linhagens foram semelhantes (2851 kg/ha CNFC 10720 vs 2838 kg/ha na VC 6). A aplicação do fungicida atrasou a senescência foliar em todos os experimentos (dados observados).

3.2. Resultados gerais em Viçosa, MG.

Em média, a incidência do MB variou de 9,4% a 32,0%; o ISD, de 5,7% a 19,0%; e a produtividade de 2718 a 3031 kg/ha (Tabela 3). A intensidade da doença em 2011 foi considerada baixa; em 2012, baixa/moderada e em 2013, moderada. Nesses anos, a aplicação de fungicida aumentou a produtividade do feijão em 13%, 20% e 25%, respectivamente (Tabela 3).

3.3. Experimento de 2011. Viçosa, MG, baixa intensidade do mofo-branco

Em média, a incidência do MB foi de 9,4%; o ISD, de 5,7%; e a produtividade, de 2718 kg/ha (Tabela 3). A população final de plantas por hectare variou de + 0,8% (4 plantas/m) a + 5,6% (10 plantas/m) em relação à população de plantas planejada após desbaste em V3 (dados não apresentados).

A interação linhagens x níveis de fungicida foi significativa ($p < 0,001$) para incidência e ISD (Tabela 3). O fungicida reduziu a incidência e o ISD na linhagem VC 6, mas não a incidência e o ISD na linhagem CNFC 10720 (Tabelas 4 e 5). A incidência da doença foi menor na linhagem CNFC 10720 em relação à VC 6,

- 1 independentemente da aplicação de fungicida (Tabela 4). Quando não se aplicou
- 2 fungicida, o ISD na linhagem CNFC 10720 foi menor em relação à VC 6 (Tabela 5).
- 3 Não houve efeito significativo do número de plantas por metro e de suas interações
- 4 sobre a incidência e o ISD.

1 **Tabela 3.** Efeitos de linhagens, de número de plantas por metro e de níveis fungicida sobre incidência da doença (ID), em %, índice de
 2 severidade da doença (ISD), em % , cobertura do solo (CS), em %, e produtividade (PROD), em kg/ha. Viçosa, 2011, 2012
 3 e 2013.
 4

Fator	2011				2012				2013			
	ID	ISD ⁴	CS	PROD	ID	ISD	CS	PROD	ID	ISD	CS	PROD
Linhagens (L)												
CNFC 10720 ²	2,4	1,3	82,2 b ¹	2651	15,5 b	7,6	73,1	2918	17,0	8,6	78,0	3192
VC 6	16,5	10,2	86,5 a	2785	27,3 a	15,7	76,9	2850	47,4	28,5	78,6	2870
Plantas/m (P)												
4	7,8	4,4	70,8 c	2225	17,7	9,5	61,6 c	2538 b	30,6 b	15,2	60,3 d	2908
7	8,5	4,7	84,4 b	2760	20,4	10,1	71,6 b	2872 a	27,8 b	14,5	76,6 c	3094
10	12,3	8,1	88,0 b	2859	21,7	11,5	81,3 a	3035 a	31,8 b	19,3	84,4 b	3057
13	9,2	5,8	94,3 a	3028	25,8	15,4	85,6 a	3092 a	38,4 a	25,2	91,9 a	3065
Fungicida (F)												
Sem	14,6	9,3	84,9	2553	28,7 a	16,4	74,2	2618 b	45,9	29,1	79,5	2697
Com ³	4,3	2,2	83,8	2882	14,1 b	6,9	75,8	3150 a	18,5	8,0	77,0	3365
L	** ⁵	**	**	ns	**	**	ns	ns	**	**	ns	**
P	ns	ns	**	**	ns	ns	**	**	**	**	**	ns
F	**	**	ns	ns	**	**	ns	**	**	**	ns	**
L x P	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns
L x F	**	**	ns	ns	ns	*	ns	ns	**	**	ns	**
P x F	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
L x P x F	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Média	9,4	5,7	84,4	2718	21,4	11,6	75,0	2884	32,2	18,6	78,3	3031
CV (%)	67,0	80,0	6,3	10,0	66,0	71,0	10,1	10,0	25,0	29,0	9,1	7,0

5 ¹Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Duncan, a 5% de probabilidade.

6 ²Linhagem com resistência parcial ao MB.

7 ³Duas aplicações do fluazinam, a primeira em R6 e a segunda dez dias depois, na dose de 0,625 L/ha de fluazinam.

8 ⁴Notas de 0 a 4, em que 0 = planta sadia e 4 = acima de 76% da planta com sintomas.

9 ⁵** = significativo a 1%, * = significativo a 5%, ns = não significativo.

10

1 **Tabela 4.** Interação entre linhagens de feijão e níveis de fungicida sobre a incidência do
 2 mofo-branco. Viçosa, 2011.

Linhagens	Incidência de mofo-branco (%)			Valor de F
	Sem fungicida	Com fungicida	Diferença	
CNFC 10720	3,6	1,1	2,5	1,2 ^{ns}
VC 6	25,5	7,4	18,1	65,4 ^{***}
Diferença	21,9	6,3		
Valor de F	95,8 ^{***}	7,9 ^{**}		

4 ^{ns, ***, **} Não significativo e significativo a 0,1 e 1%, respectivamente, de probabilidade pelo teste F.

6 **Tabela 5.** Interação entre linhagens de feijão e níveis de fungicida sobre o índice de
 7 severidade de mofo-branco. Viçosa, 2011.

Linhagens	Índice de severidade de mofo-branco (%)			Valor de F
	Sem fungicida	Com fungicida	Diferença	
CNFC 10720	1,9	0,7	1,2	0,5 ^{ns}
VC 6	16,6	3,8	12,8	62,5 ^{***}
Diferença	14,7	3,1		
Valor de F	85,2 ^{***}	3,8 ^{ns}		

9 ^{ns, ***, **} Não significativo e significativo a 0,1%, respectivamente, de probabilidade pelo teste F.

10 Houve efeito significativo do número de plantas por metro ($p < 0,001$), das
 11 linhagens ($p = 0,002$), mas não dos níveis de fungicida e das interações, sobre a
 12 cobertura do solo (Tabela 3). A cobertura do solo foi maior com 13 plantas por metro
 13 (Tabela 3) em relação às outras densidades. A cobertura do solo pelas plantas da
 14 linhagem VC 6 foi 5% maior que a proporcionada pelas plantas da CNFC 10720 (Tabela
 15 3).

17 A interação número de plantas por metro x níveis de fungicida foi significativa (p
 18 $= 0,045$) quanto à produtividade (Tabela 3). Esta estabilizou-se a partir de 7 plantas por
 19 metro independentemente da aplicação de fungicida (Tabela 6). Não houve efeito
 20 significativo das linhagens e de suas interações sobre a produtividade.

21
 22
 23
 24

1 **Tabela 6.** Interação entre número de plantas por metro e níveis de fungicida sobre a
 2 produtividade. Viçosa, 2011.

Plantas/m	Produtividade (kg/ha)	
	Sem fungicida	Com fungicida
4	2238 b	2212 b
7	2505 ab	3014 a
10	2643 ab	3076 a
13	2828 a	3228 a

4 Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Duncan, a 5%.

5

6 A severidade da mancha-angular na fase R7 do feijoeiro foi moderada. O
 7 fungicida visando o controle do MB reduziu de 5,1 para 4,0 a severidade de mancha-
 8 angular ($F = 40,2$, $p < 0,001$).

9

10 3.4. Experimento de 2012. Viçosa, MG, baixa/moderada intensidade do mofo-branco

11

12 Em média, a incidência foi 21,4%, o ISD 11,6%, e a produtividade 2884 kg/ha
 13 (Tabela 3). A população final de plantas por hectare variou de + 0,7% (4 plantas/m) a -
 14 4,1% (13 plantas/m) em relação à população de plantas planejada após desbaste em V3
 15 (dados não apresentados).

16 Houve efeito de linhagens ($p = 0,002$), de níveis de fungicidas ($p < 0,001$), mas
 17 não do número de plantas por metro e das interações, sobre a incidência da doença
 18 (Tabela 3). A incidência do MB na linhagem VC 6 foi 76% maior que na CNFC 10720
 19 (Tabela 3). A aplicação de fungicida reduziu a incidência em 49% (Tabela 3). A
 20 interação linhagens x níveis de fungicida foi significativa ($p = 0,029$) em relação ao ISD
 21 (Tabela 3). A linhagem VC 6, mas não a CNFC 10720, teve redução do ISD com a
 22 aplicação de fungicida. Quando não se aplicou fungicida o ISD na linhagem CNFC
 23 10720 foi menor que a na VC 6 (Tabela 7). Não houve efeito significativo do número de
 24 plantas por metro e de suas interações sobre a severidade da doença.

25

26

27

1 **Tabela 7.** Interação entre linhagens de feijão e níveis de fungicida sobre o índice de
 2 severidade de mofo-branco. Viçosa, 2012.

Linhagens	Índice de severidade de mofo-branco (%)			Valor de F
	Sem fungicida	Com fungicida	Diferença ¹	
CNFC 10720	10,0	5,2	4,8	2,7 ^{ns}
VC 6	22,8	8,6	14,2	23,4 ^{***}
Diferença	12,8	3,4		
Valor de F	19,0 ^{***}	1,3 ^{ns}		

4 ^{ns, ***} Não significativo e significativo a 0,1%, respectivamente, de probabilidade pelo teste F.

5
 6 Houve efeito significativo do número de plantas por metro ($p < 0,001$), mas não
 7 das linhagens e dos níveis de fungicida e de suas interações, sobre a cobertura do solo
 8 (Tabela 3). As coberturas do solo com 10 ou 13 plantas por metro foram semelhantes e
 9 maiores em relação às densidades mais baixas (Tabela 3).

10 Houve efeito significativo do número de plantas por metro ($p = 0,009$) e dos
 11 níveis de fungicida ($p < 0,001$), mas não das linhagens e das interações sobre a
 12 produtividade (Tabela 3). A partir de 7 plantas por metro a produtividade estabilizou
 13 (Tabela 3). O fungicida aumentou a produtividade em 20% (Tabela 3). Além de reduzir
 14 a intensidade de MB, o fungicida também reduziu a severidade da mancha-angular de
 15 4,2 para 2,4 ($F = 127,6$, $p < 0,001$).

17 3.5. Experimento de 2013. Viçosa, MG, moderada intensidade do mofo-branco

18
 19 Em média, a incidência foi 32,2%, o ISD 18,6%, e a produtividade 3031 kg/ha
 20 (Tabela 3). A população final de plantas por hectare variou de -1,6% (7 plantas/m) a +
 21 3,9% (4 plantas/m) em relação à população de plantas planejada após desbaste em V3
 22 (dados não apresentados).

23 A interação linhagens x níveis de fungicida ($p < 0,001$) foi significativa quanto à
 24 incidência e ao ISD (Tabela 3). O fungicida reduziu a intensidade do MB em ambas as
 25 linhagens, mas a magnitude de redução foi maior na VC 6 (Tabelas 8 e 9). A incidência
 26 e o ISD do MB na linhagem CNFC 10720 foram menores que na VC 6
 27 independentemente da aplicação de fungicida (Tabelas 8 e 9). Houve efeito significativo
 28 do número de plantas por metro ($p = 0,005$) sobre a incidência do MB (Tabela 3). Com

1 13 plantas por metro a incidência do MB foi mais alta em relação as outras densidades
 2 de plantas (Tabela 3). A interação número de plantas por metro x linhagens foi
 3 significativa ($p = 0,002$) em relação ao ISD (Tabela 3). O ISD na linhagem VC 6 foi
 4 maior com 13 plantas por metro que nas outras densidades de plantas (Tabela 10); na
 5 CNFC 10720 o número de plantas por metro não influenciou significativamente o ISD
 6 (Tabela 10).

7

8 **Tabela 8.** Interação entre linhagens de feijão e níveis de fungicida sobre a incidência do
 9 mofo-branco. Viçosa, 2013.
 10

Linhagens	Incidência de mofo-branco (%)			Valor de F
	Sem fungicida	Com fungicida	Diferença	
CNFC 10720	25,6	8,3	17,3	35,5 ^{***}
VC 6	66,1	28,6	37,5	167,0 ^{***}
Diferença	40,5	20,3		
Valor de F	194,8 ^{***}	48,9 ^{**}		

11 ^{***, **} Significativo a 1% e 0,1%, respectivamente, de probabilidade pelo teste F.

12

13 **Tabela 9.** Interação entre linhagens de feijão e níveis de fungicida sobre a severidade do
 14 mofo-branco. Viçosa, 2013.
 15

Linhagens	Índice de severidade de mofo-branco (%)			Valor de F
	Sem fungicida	Com fungicida	Diferença	
CNFC 10720	13,9	3,3	10,6	30,2 ^{***}
VC 6	44,2	12,8	30,4	265,2 ^{***}
Diferença	30,3	9,5		
Valor de F	247,0 ^{***}	24,3 ^{***}		

16 ^{***} Significativo a 0,1% de probabilidade pelo teste.

17

18 **Tabela 10.** Interação entre linhagens e número de plantas por metro sobre a severidade
 19 de mofo-branco. Viçosa, 2013.
 20

Plantas/m	Índice de severidade de mofo-branco (%)	
	CNFC 10720	VC 6
4	8,1 a	22,3 c
7	6,9 a	22,1 c
10	8,2 a	30,4 b
13	11,1 a	39,2 a

21 Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Duncan, a 5%.

1 Houve efeito significativo do número de plantas por metro ($p < 0,001$), mas não
2 das linhagens e dos níveis de fungicida e de suas interações, sobre a cobertura do solo
3 (Tabela 3). A cobertura do solo foi mais alta com 13 plantas por metro em relação às
4 outras densidades (Tabela 3).

5 A interação linhagens x níveis de fungicidas foi significativa ($p = 0,001$) em
6 relação à produtividade (Tabela 3). O uso de fungicida aumentou a produtividade de
7 ambas as linhagens, mas a magnitude de aumento foi maior na VC 6 em relação à CNFC
8 10720. As produtividades das linhagens não diferiram significativamente quando se
9 aplicou fungicida (Tabela 11), mas a linhagem CNFC 10720 produziu mais que a VC 6
10 quando não se aplicou fungicida. Não houve efeito significativo do número de plantas
11 por metro e de suas interações sobre a produtividade (Tabela 3). Não se observou
12 sintomas de mancha-angular neste experimento.

13
14 **Tabela 11.** Interação entre linhagens de feijão e níveis de fungicida sobre a
15 produtividade. Viçosa, 2013.

Linhagens	Produtividade (kg/ha)			Valor de F
	Sem fungicida	Com fungicida	Diferença	
CNFC 10720	2952	3433	481	37,7***
VC 6	2442	3298	856	119,4***
Diferença	510	135		
Valor de F	42,4***	3,0 ^{ns}		

16 ^{ns, ***} Não significativo e significativo a 0,1%, respectivamente, de probabilidade pelo teste F.

17 18 3.6. Resultados Gerais em Oratórios, MG.

19
20 Em média, a incidência do MB variou de 12% a 55%; o ISD, de 7% a 41%; e a
21 produtividade de 2518 a 2991 kg/ha (Tabela 12). Em 2011, a intensidade do MB foi
22 considerada baixa; em 2012, baixa/moderada; em 2013, alta. Nesses anos, a aplicação de
23 fungicida aumentou a produtividade do feijão em 22%, 9% e 58%, respectivamente
24 (Tabela 12).

1 3.7. Experimento de 2011. Oratórios, MG, baixa intensidade de mofo-branco

2

3 Em média, a incidência do MB foi 12,1%, o ISD 6,8% e a produtividade 2518
4 kg/ha (Tabela 12). A população final de plantas por hectare variou de - 1,1% (7
5 plantas/m) a + 6,0% (4 plantas/m) em relação à população de plantas planejada após
6 desbaste em V3 (dados não apresentados).

7 A interação linhagens x níveis de fungicida foi significativa em relação à
8 incidência ($p = 0,001$) e ao ISD ($p < 0,001$) (Tabela 12). A aplicação de fungicida na
9 linhagem VC 6 reduziu a intensidade do MB. Esse efeito não foi significativo em
10 relação à linhagem CNFC 10720. A incidência e o ISD do MB na linhagem CNFC
11 10720 foram menores que na VC 6 apenas quando não se aplicou fungicida (Tabelas 13
12 e 14). Não houve efeito significativo do número de plantas por metro e de suas
13 interações sobre a incidência e o ISD (Tabela 12).

14

1 **Tabela 12.** Efeitos de linhagens (L), de número de plantas por metro (P) e de níveis fungicida (F) sobre incidência da doença (ID), em
 2 %, índice de severidade da doença (ISD), em % , cobertura do solo (CS), em %, e produtividade (PROD), em kg/ha.
 3 Oratórios, 2011, 2012 e 2013.
 4

Fator	2011				2012				2013			
	ID	ISD ⁴	CS	PROD	ID	ISD	CS	PROD	ID	ISD	CS	PROD
Linhagens (L)												
CNFC 10720 ²	4,3	1,8	75,4 b ¹	2435	8,7	3,7	87,7 b	2846	47,7 b	33,1 b	88,4	3066
VC 6	19,9	11,9	78,1 a	2601	37,4	21,2	93,0 a	3006	62,1 a	48,4 a	89,5	2917
Plantas/m (P)												
4	14,0	7,7	66,1 c	2134 b	28,1	13,4	80,9 c	2606	54,1	36,5	78,4 b	2869
7	16,0	9,2	75,1 b	2643 a	23,8	12,5	89,7 b	3044	56,5	40,8	90,5 a	3065
10	9,6	5,0	81,5 a	2613 a	21,4	12,6	95,6 a	3038	56,3	43,2	92,3 a	3084
13	8,9	5,4	84,3 a	2681 a	18,8	11,3	95,0 a	3016	52,8	42,5	94,5 a	2947
Fungicida (F)												
Sem	19,1	11,3	76,9	2266 b	34,0	19,4	90,8	2796	71,0 a	54,4 a	90,4	2319
Com ³	5,1	2,3	76,6	2770 a	12,1	5,4	89,8	3057	38,8 b	27,0 b	87,5	3663
L	** ⁵	**	**	ns	**	**	**	ns	**	**	ns	ns
P	ns	ns	**	**	ns	ns	**	ns	ns	ns	**	ns
F	**	**	ns	**	**	**	ns	ns	**	**	ns	**
L x P	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
L x F	**	**	ns	ns	**	**	ns	ns	ns	ns	ns	**
P x F	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
L x P x F	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	*
Média	12,1	6,8	76,7	2518	23,1	12,5	90,3	2926	54,9	40,7	88,9	2991
CV (%)	106,0	117,0	8,1	15,0	57,0	56,0	6,2	21,0	23,0	26,0	6,1	11,0

5 ¹Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Duncan, a 5% de probabilidade.

6 ²Linhagem com resistência parcial ao MB.

7 ³Duas aplicações do fluazinam, a primeira em R6 e a segunda dez dias depois, na dose de 0,625 L/ha de fluazinam.

8 ⁴Notas de 0 a 4, em que 0 = planta sadia e 4 = acima de 76% da planta com sintomas.

9 ⁵** = significativo a 1%, * = significativo a 5%, ns = não significativo.

1 **Tabela 13.** Interação entre linhagens de feijão e níveis de fungicida sobre a
 2 incidência do mofo-branco. Oratórios, 2011.

Linhagens	Incidência de mofo-branco (%)			Valor de F
	Sem fungicida	Com fungicida	Diferença	
CNFC 10720	7,0	1,6	5,4	1,8 ^{ns}
VC 6	31,3	8,6	22,7	31,6 ^{***}
Diferença	24,3	7,0		
Valor de F	36,2 ^{***}	3,0 ^{ns}		

4 ^{ns,***} Não significativo e significativo a 0,1%, respectivamente, de probabilidade pelo teste F.

6 **Tabela 14.** Interação entre linhagens de feijão e aplicação de fungicida sobre o
 7 índice de severidade do mofo-branco. Oratórios, 2011.

Linhagens	Índice de severidade de mofo-branco (%)			Valor de F
	Sem fungicida	Com fungicida	Diferença	
CNFC 10720	3,0	0,6	2,4	0,9 ^{ns}
VC 6	19,7	4,1	15,6	38,3 ^{***}
Diferença	16,7	3,5		
Valor de F	43,9 ^{***}	1,9 ^{ns}		

9 ^{ns,***} Não significativo e significativo a 0,1%, respectivamente, de probabilidade pelo teste F.

11 Houve efeito significativo do número de plantas por metro ($p < 0,001$) e de
 12 linhagens ($p = 0,004$), mas não dos níveis de fungicida e das interações, sobre a
 13 cobertura do solo (Tabela 12). A cobertura do solo foi maior nas densidades de 10 e
 14 13 plantas por metro (Tabela 12). A cobertura do solo da linhagem VC 6 foi 3,5%
 15 maior em relação à CNFC 10720 (Tabela 12).

16 Houve efeito significativo do número de plantas por metro ($p = 0,001$) e de
 17 níveis de fungicidas ($p < 0,001$), mas não das linhagens e das interações, sobre a
 18 produtividade (Tabela 12). A partir de 7 plantas por metro a produtividade
 19 estabilizou-se (Tabela 12). A produtividade aumentou em 22% com o uso de
 20 fungicida (Tabela 12). O fungicida reduziu a severidade da mancha-angular de 4,8
 21 (controle sem fungicida) para 2,5 ($F = 108$, $p < 0,001$).

23 3.8. Experimento de 2012. Oratórios, MG, baixa/moderada intensidade do mofo- 24 branco

26 Em média, a incidência do MB foi 23,1%, o ISD 12,5%, e a produtividade
 27 2926 kg/ha (Tabela 12). A população final de plantas por hectare variou de - 1,1 (13

1 plantas/m) a - 4,9% (7 plantas/m) em relação à população de plantas planejada após
2 desbaste em V3 (dados não apresentados).

3 A interação linhagens x níveis de fungicida foi significativa em relação à
4 incidência ($p = 0,003$) e ao ISD ($p = 0,001$) (Tabela 12). O fungicida reduziu a
5 incidência e o ISD em ambas as linhagens, mas com diferença maior na linhagem
6 VC 6 (Tabelas 15 e 16). A incidência e o ISD na linhagem CNFC 10720 foram
7 menores em relação a linhagem VC 6 independentemente da aplicação de fungicida.
8 Não houve efeito significativo do número de plantas por metro e de suas interações
9 sobre a incidência e o ISD (Tabela 12).

10

11 **Tabela 15.** Interação entre linhagens de feijão e níveis de fungicida sobre a
12 incidência do mofo-branco. Oratórios, 2012.

13

Linhagens	Incidência de mofo-branco (%)			Valor de F
	Sem fungicida	Com fungicida	Diferença	
CNFC 10720	13,8	3,5	10,3	4,9*
VC 6	54,2	20,7	33,5	51,7***
Diferença	40,4	17,2		
Valor de F	75,2***	13,6***		

14 *,*** Significativo a 1 e 0,1%, respectivamente, de probabilidade pelo teste F.

15

16 **Tabela 16.** Interação entre linhagens de feijão e níveis de fungicida sobre o índice de
17 severidade de mofo-branco. Oratórios, 2012.

18

Linhagens	Índice de severidade de mofo-branco (%)			Valor de F
	Sem fungicida	Com fungicida	Diferença	
CNFC 10720	6,2	1,1	5,1	4,3*
VC 6	32,6	9,8	22,8	86,5***
Diferença	26,4	8,7		
Valor de F	116,0***	12,6***		

19 *,*** Significativo a 1 e 0,1%, respectivamente, de probabilidade pelo teste F.

20

21 Houve efeito significativo do número de plantas por metro ($p < 0,001$), das
22 linhagens ($p = 0,004$), mas não dos níveis de fungicida e das interações, sobre a
23 cobertura do solo (Tabela 12). A cobertura do solo foi maior nas densidades de 10 e
24 13 plantas por metro (Tabela 12). A cobertura do solo proporcionado pelas plantas da
25 linhagem VC 6 foi 6% maior em relação às plantas da CNFC 10720 (Tabela 12).

A interação linhagens x número de plantas por metro x níveis de fungicida foi significativa ($p = 0,047$) em relação à produtividade (Tabela 12). Independentemente dos níveis de fungicida a produtividade da linhagem VC 6 não foi influenciada pelo número de plantas. Sem fungicida, a produtividade da linhagem CNFC 10720 não foi influenciada pelo número de plantas. Com fungicida a produtividade estabilizou-se a partir de 7 plantas por metro. A produtividade com 10 plantas por metro foi 46% maior que com 4 plantas por metro (Tabela 17). Não houve ocorrência de mancha-angular.

Tabela 17. Produtividade (kg/ha) em função de feijoeiros por metro, genótipo e níveis de fungicida (SEMF = sem fungicida, COMF = com fungicida) em Oratórios, 2012.

Plantas por metro	Produtividade (kg/ha)			
	CNFC 10720		VC 6	
	COMF	SEMF	COMF	SEMF
4	2278 b	2981 a	2792 a	2375 a
7	2844 ab	3050 a	3617 a	2667 a
10	3328 a	2597 a	3022 a	3205 a
13	2936 ab	2756 a	3636 a	2736 a

Na coluna, médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si (Duncan, 5%).

3.9. Experimento de 2013. Oratórios, MG, alta intensidade do mofo-branco

A incidência média do MB foi 55,0%, o ISD 40,7%, e a produtividade 2991 kg/ha (Tabela 12). A população final de plantas por hectare variou de - 0,3 (13 plantas/m) a + 1,9% (4 plantas/m) em relação à população de plantas planejada após desbaste em V3 (dados não apresentados).

Houve efeito significativo ($p < 0,001$) das linhagens, dos níveis de fungicida, mas não do número de plantas por metro e das interações sobre a incidência e o ISD (Tabela 12). A incidência e o ISD na linhagem VC 6 foram 30% e 40% maior, respectivamente, em relação à linhagem CNFC 10720. A aplicação de fungicida reduziu a incidência em 55% e a severidade em 50% (Tabela 12).

Houve efeito significativo do número de plantas por metro ($p < 0,001$), mas não de linhagens e dos níveis de fungicida e das interações, sobre a cobertura do solo (Tabela 12). A densidade de 7 plantas por metro foi suficiente para estabilizar a cobertura do solo (Tabela 12).

1 A interação linhagens x números de planta por metro x níveis de fungicida foi
 2 significativa ($p = 0,036$) sobre a produtividade (Tabela 12). O desdobramento dessa
 3 interação revelou que, com fungicida, o uso de 4 feijoeiros por metro da linhagem
 4 CNFC 10720 reduziu a produtividade em 23% em relação à produtividade média das
 5 outras densidades. Com fungicida, a densidade de 13 plantas por metro reduziu a
 6 produtividade em relação as demais densidades no caso da linhagem VC 6. Neste
 7 caso, a produtividade com 10 plantas por metro foi 17% maior que com 13 plantas
 8 por metro. Sem fungicida, não houve efeito do número de plantas por metro sobre a
 9 produtividade em ambas as linhagens (Tabela 18). Os resultados indicam que, com
 10 aplicação de fungicida, a linhagem CNFC 10720 estabiliza a produtividade a partir
 11 de 7 plantas por metro, enquanto a VC 6 reduz a produtividade com 13 plantas por
 12 metro. Não houve ocorrência de mancha-angular.

13

14 **Tabela 18.** Produtividade (kg/ha) em função de feijoeiros por metro, genótipo e
 15 níveis de fungicida (SEMF = sem fungicida, COMF = com fungicida)
 16 em Oratórios, 2013.

17

Plantas por metro	Produtividade (kg/ha)			
	CNFC 10720		VC 6	
	COMF	SEMF	COMF	SEMF
4	3017 b	2681 a	3803 ab	1978 a
7	3747 a	2611 a	3753 ab	2147 a
10	3528 a	2628 a	4114 a	2067 a
13	3836 a	2481 a	3508 b	1964 a

18 Na coluna, médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si (Duncan, 5%).

19

20

4. DISCUSSÃO

21

22 São escassas as informações a respeito da densidade de feijoeiros do tipo II
 23 em áreas com histórico de MB. Estudos que incluem fatores como fungicida e
 24 resistência do genótipo ao MB não foram encontrados na literatura para esse tipo de
 25 feijão. Em seis experimentos de campo conduzidos em dois locais da região da Zona
 26 da Mata de MG avaliamos a possibilidade de reduzir a densidade de feijoeiros do
 27 tipo II, que diferem na resistência ao MB, quando cultivados em áreas com histórico
 28 de MB. A influência do uso de fungicida na resposta dos feijoeiros a densidades de
 29 plantas também foi avaliada.

30

31

Na média dos seis experimentos, o efeito considerável da redução da
 intensidade da doença (incidência + severidade) com a linhagem CNFC 10720 foi

1 semelhante ao obtido com duas aplicações de fungicida (Tabelas 3 e 12). Os
2 resultados sustentam os verificados por Vieira et al. (2012), ou seja, que a linhagem
3 CNFC 10720 tem resistência parcial de campo ao MB. A menor cobertura do solo
4 proporcionada pelas plantas da linhagem CNFC 10720 (81%, média dos seis
5 experimentos), em relação à proporcionada pelas plantas da linhagem VC 6 (84%), e
6 o acamamento ligeiramente menor da linhagem CNFC 10720 (2,0) em relação a VC
7 6 (2,4), explicam, em parte, o mecanismo de escape desta linhagem. Essa menor
8 cobertura do solo e menor acamamento proporcionado pela CNFC 10720 pode
9 permitir maior penetração de luz no dossel e no solo e maior ventilação,
10 desfavorecendo o desenvolvimento da doença. A produtividade destas linhagens foi
11 semelhante (2851 kg/ha para CNFC 10270 vs 2838 kg/ha para VC 6), na média dos
12 seis experimentos.

13 Quando a pressão da doença no campo foi baixa (experimentos de 2011), 7
14 plantas por metro foram suficientes para estabilizar a produtividade do feijão
15 independentemente do grau de resistência do genótipo ao MB e da aplicação ou não
16 de fungicida (ver resultados de 2011 nas tabela 6 e 12).

17 Em 2012, quando a intensidade do MB foi baixa/moderada, 7 plantas por
18 metro foram suficientes para estabilizar a produtividade no experimento de Viçosa.
19 (Tabela 3). Em Oratórios, a produtividade foi influenciada pelo número de plantas
20 por metro apenas na linhagem CNFC 10720, quando se aplicou fungicida, nesta
21 situação a produtividade foi estabilizada a partir de 7 plantas por metro (Tabela 17).
22 Apesar de não ter apresentado diferença estatística, a densidade de 7 plantas por
23 metro produziu 23% a mais que a de 4 plantas por metro na linhagem VC 6, quando
24 se aplicou fungicida. Quando não se aplicou fungicida a densidade de 10 plantas por
25 metro produziu 35% a mais que a de 4 plantas por metro nesta mesma linhagem. É
26 possível que a ausência de diferença entre estes tratamentos ocorreu devido ao fato
27 de que o coeficiente de variação (CV) deste experimento foi de 21% para
28 produtividade (Tabela 12), considerado alto segundo Gomes (1985). Federer (1957)
29 destaca que em experimentos com altos valores de CV pode não ser detectada
30 diferença entre tratamentos, quando na verdade elas existem.

31 Em 2013, a intensidade do MB foi moderada (Viçosa) ou alta (Oratórios). Em
32 Viçosa a redução da densidade de feijoeiros para 4 plantas por metro foi suficiente
33 para estabilizar a produtividade independentemente dos outros fatores (exceção entre
34 os 6 experimentos). Em Oratórios os resultados indicam que, quando se aplica

1 fungicida, linhagens com resistência parcial ao MB podem suportar mais plantas por
2 metro para estabilizar a produtividade que cultivares suscetíveis. Sem fungicida, não
3 houve efeito de densidade sobre produtividade em ambas as linhagens (Tabela 18).

4 Os resultados deste estudo sugerem que 7 a 10 feijoeiros do tipo II por metro
5 estabilizam a produtividade na maioria das situações de intensidade de MB na
6 lavoura. Quando se aplica fungicida, cultivar com resistência parcial ao MB suporta
7 mais plantas por metro para estabilizar a produtividade que cultivares suscetíveis, em
8 condições de alta intensidade da doença.

9 O fungicida sempre reduziu a intensidade do MB quando se empregou
10 genótipo suscetível, independentemente da pressão da doença (Tabelas 4, 5, 7, 8, 9,
11 13, 14, 15, 16). O benefício do fungicida para o controle do MB na linhagem
12 resistente (CNFC 10720), só ocorreu em condições de baixa/moderada a alta pressão
13 do MB (Tabelas 7, 8, 9, 15, 16), e essa redução foi de magnitude menor que a obtida
14 com a VC 6 em dois experimentos (Tabelas 8, 9, 15, 16). Nessas condições, o uso de
15 fungicida aumentou a produtividade entre 7% e 55% na linhagem com resistência
16 parcial. Ademais, os resultados obtidos em Viçosa, em 2013, em que a intensidade
17 do MB foi moderada, mostram que o uso de fungicida aumenta mais a produtividade
18 da linhagem VC 6 que a da CNFC 10720 (Tabela 11). Esses resultados parecem
19 indicar que é possível reduzir a dose ou o número de aplicações de fungicida para o
20 controle do MB com o uso de genótipo com resistência parcial à doença. No presente
21 estudo foram feitas duas aplicações de fungicidas. O fabricante recomenda duas ou
22 três aplicações. No entanto, quando o preço do feijão é alto, há agricultores que
23 chegam a fazer cinco aplicações de fungicida para o controle do MB. Acreditamos
24 que com o lançamento, num futuro próximo, de cultivar com resistência parcial ao
25 MB, seja possível reduzir a dose ou o número de aplicações desse agrotóxico.
26 Estudos futuros são necessários para esclarecer melhor essa questão. Os resultados
27 de Viçosa, 2013 (Tabela 11), também sugerem que, em condições onde não se aplica
28 fungicida, como em agricultura orgânica por exemplo, o plantio de cultivar com
29 resistência parcial, pode ser a melhor medida para reduzir a intensidade da doença e
30 aumentar a produtividade.

31 Em três experimentos, onde a intensidade foi baixa ou baixa/moderada, a
32 aplicação de fluazinam reduziu a severidade da mancha-angular de moderada para
33 leve. Nesses três experimentos, a redução da severidade da mancha-angular na fase
34 reprodutiva do feijão, associada ao efeito do atraso do ciclo de vida da cultura, pode

1 ter sido responsável pelo aumento da produtividade do feijão devido ao uso do
2 fluazinam. Efeitos fisiológicos benéficos de fungicidas também têm sido relatados
3 em outras classes desses agrotóxicos (Venâncio et al., 2004).

4 Os resultados de Viçosa, em 2013, quando a intensidade da doença foi
5 moderada, sugerem que a redução da densidade de plantas, de 13 para 4 plantas por
6 metro, pode diminuir a intensidade do MB (incidência + severidade) no genótipo
7 suscetível, sem comprometer a produtividade (Tabelas 3, 9 e 10). Nesse ano, em
8 Viçosa, a cobertura do solo cresceu de 60% para 92% com o aumento de 4 para 13
9 plantas por metro. Esse resultado sustenta o mecanismo que explica que a redução da
10 densidade de plantas pode reduzir a intensidade da doença por propiciar maior
11 penetração de luz no dossel e no solo e maior ventilação (Tu, 1989). Como
12 consequência, pode haver redução da germinação de escleródios (Hao et al., 2003;
13 Mila e Yang, 2008), da produção de apotécios (Sun e Yang, 2000; Mila e Yang,
14 2008) e de ascósporos (Caesar e Pearson, 1983; Bardim e Huang, 2001; Clarkson et
15 al., 2003), e a transmissão de micélio entre plantas é reduzida (Hoes e Huang, 1985;
16 Chad et al., 2005).

17 Esses resultados diferem, em parte, dos obtidos por Saindon et al. (1993) em
18 estudo com linhagens do tipo II suscetíveis ao MB. Esses autores não verificaram
19 diferença entre 7,7 a 25 plantas por metro na incidência e produtividade do feijão em
20 condição de pressão da doença baixa/moderada, com espaçamento entre fileiras de
21 0,45 m. No presente estudo foi incluído o fator resistência do genótipo ao MB -
22 ausente do estudo de Saindon et al. (1993). Com a inclusão desse fator, observou-se
23 que o uso cultivar com resistência parcial ao MB suporta mais plantas por metro para
24 estabilizar a produtividade que cultivares suscetíveis, quando se aplica fungicida
25 (Tabela 18). No caso de feijão do tipo III suscetível ao MB, Vieira et al. (2010)
26 verificaram que a redução da densidade de 12 para até 4 plantas por metro reduz a
27 intensidade da doença e pode aumentar a produtividade da cultura,
28 independentemente do uso de fungicida. Nos ensaio de Vieira et al. (2010) a média
29 de incidência foi de 92% e o ISD foi de 70%. Geralmente feijoeiros prostrados do
30 tipo III, apresentam maior intensidade da doença em relação a feijoeiros de porte
31 ereto (tipo II) (Schwartz e Singh, 2013).

32 No presente estudo, também foram obtidas evidências, com o feijão do tipo
33 II, de que a redução de 12 a 15 plantas por metro (recomendada atualmente) para 7 a
34 10 plantas por metro pode estabilizar a produtividade em condições de baixa a alta

1 pressão da doença. O uso de 7 a 10 plantas por metro reduz substancialmente a
2 população de feijoeiros na lavoura em relação à população de plantas (12 a 15)
3 recomendada para áreas sem MB (Barbosa e Gonzaga, 2012). Por exemplo, no
4 espaçamento entre fileiras de 0,5 m, a redução da população de feijoeiros por hectare
5 seria de 240 a 300 mil (sem MB) para 140 a 200 mil (com histórico de MB).

6 Em lavouras irrigadas por pivô-central, com irrigações frequentes, sobretudo
7 em regiões altas, geralmente o MB ocorre em níveis moderados ou altos, ano após
8 ano (Araújo et al., 1996). Em 2013, quando a intensidade da doença foi moderada ou
9 alta, o uso de 4 plantas por metro, sobretudo do genótipo suscetível, não influenciou
10 a produtividade em relação às outras densidades, independentemente do uso ou não
11 de fungicida. No entanto, essa densidade pode reduzir a produtividade, se a
12 intensidade da doença for baixa/moderada ou baixa.

13 14 **5. CONCLUSÕES**

15
16 Em áreas com histórico de MB, 7 a 10 feijoeiros do tipo II por metro
17 estabilizam a produtividade, independentemente do grau de resistência do cultivar ao
18 MB e do uso ou não de fungicida. Em condições de alta intensidade da doença,
19 cultivar com resistência parcial ao MB suporta mais plantas por metro para
20 estabilizar a produtividade que cultivares suscetíveis, quando se aplica fungicida. Os
21 efeitos do uso da linhagem com resistência parcial ao MB na redução da incidência e
22 severidade do MB foram semelhantes aos obtidos com a aplicação de fungicida.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1
2
- 3 Adams, P.B., Ayers, W.A., 1979. Ecology of *Sclerotinia* species. *Phytopathology*,
4 69, 896-899.
- 5 Araújo, R. S., Rava, C.A., Stone, L. F., Zimmermann, M.J.O., 1996. Cultura do
6 feijoeiro comum no Brasil. 1 ed. Piracicaba: Potafos, 786 p.
- 7 Barbosa, F.R., Gonzaga, A.C.O., 2012. Informações técnicas para o cultivo do
8 feijoeiro-comum na Região Central-Brasileira: 2012-2014. Santo Antônio de
9 Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 247p.
- 10 Bardin, S.D., Huang, H.C., 2001. Research on biology and control of *Sclerotinia*
11 diseases in Canada. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 23, 88-98.
- 12 Blair, M.W., 2013. Mineral Biofortification Strategies for Food Staples: The
13 Example of Common Bean. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61,
14 8287–8294.
- 15 Boland, G.J., Hall, R., 1994. Index of plant hosts of *Sclerotinia sclerotiorum*.
16 *Canadian Journal of Plant Pathology* 16, 93-108.
- 17 Caesar, A.J., Pearson, R.C., 1983. Environmental – factors affecting survival of
18 ascospores of *Sclerotinia sclerotiorum*. *Phytopathology*,73, 1024-1030.
- 19 Chad, D.L., Renner, K. A., Penner, D., Hammerschmidt, R., Kelly, J.D., 2005.
20 Glyphosate – resistant soybean management system effect on *Sclerotinia* stem
21 rot. *Weed Technol.*, 19, 580-588.
- 22 Clarkson, J.P., Staveley, J., Phelps, K., Young, C.S., Whipps, J.M., 2003. Ascospore release and survival in *Sclerotinia*
23 *sclerotiorum*. *Mycological Research*, 107, 213-222.
- 24 Clarkson, J.P., Staveley, J., Phelps, K., Young, C.S., Whipps, J.M., 2003. Ascospore
25 release and survival in *Sclerotinia sclerotiorum*. *Mycological Research*, 107,
26 213-222.
- 27 Companhia Nacional de Abastecimento, 2013 Safra 2012/2013.
28 http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_11_08_12_38_56_bol
29 [etim_portugues_outubro_2013.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_11_08_12_38_56_bol). Acesso em novembro de 2013.
- 30 Cook, G.E., Steadman, J.R., Boosalis, M.G., 1975. Survival of *Whetzelinia*
31 *sclerotiorum* and initial infection of dry edible beans in western Nebraska.
32 *Phytopathology*, 65, 250-255.

- 1 EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa Arroz e Feijão (CNPAP), 2013. Feijão-
2 cultivares. Disponível em: <[http:// www.cnpaf.embrapa.br](http://www.cnpaf.embrapa.br)>. Acesso em: 25
3 novembro de 2014.
- 4 Federer, W.T., 1957. Experimental design, New York, J. Wiley, 611p.
- 5 Gomes, F.P., 1985. Curso de estatística experimental, São Paulo, Nobel, 467p.
- 6 Hall, R., Phillips, L.G., 1996. Evaluation of parameters to assess resistance of White
7 bean to white mold. Annual Report of the Bean Improvement Cooperative, 39,
8 306-307.
- 9 Hao, J.J.; Subbarao, K. V.; Duniway, J.M., 2003. Germination of *Sclerotinia minor*
10 and *S. sclerotiorum* under various soil moisture and temperature combinations.
11 *Phytopathology*, 93, 443-450.
- 12 Hoes, J.A., Huang, H.C., 1985. Effect of between-row and within-row spacings on
13 development of *Sclerotinia* wilt and yield of sunflower. *Canadian Journal of*
14 *Plant Pathology*, 7, 98-102.
- 15 Kolkman, J.M., Kelly, J.D., 2002. Agronomic traits affecting resistance to white
16 mold in common bean. *Crop Science*, 42, 693-699.
- 17 Mila, A.L., Yang, X.B., 2008. Effects of fluctuating soil temperature and water
18 potential on sclerotia germination and apothecial production of *Sclerotinia*
19 *sclerotiorum*. *Plant Disease*, 92, 78-82.
- 20 Paula Júnior, T.J., Vieira, R.F., Lobo Júnior, M., Morandi, M.A.B., Carneiro, J.E.S.,
21 Zambolim, L., 2006. Manejo integrado do mofo-branco do Feijoeiro. Viçosa
22 MG. EPAMIG. 48p.
- 23 Ramalho, M.A.P., Abreu, A.F.B., Carneiro, J.E.S., 2004. Cultivares. Informe
24 Agropecuário, EPAMIG, 25, 21-32.
- 25 SAEG Sistema para Análises Estatísticas, Versão 9.1, 2007. Fundação Arthur
26 Bernardes - UFV - Viçosa.
- 27 Saindon, G., Huang, H.C., Kozub, G.C., Mundel, H.H., Kemp, G.A., 1993. Incidence
28 of white mold and yield of upright bean grown in different planting patterns.
29 *Journal of Phytopathology*, 137, 118-124.
- 30 Schwartz, H.F., Singh, S.P., 2013. Breeding Common Bean for Resistance to White
31 Mold: A Review. *Crop science*, 53, 1832-1844.

- 1 Steadman, J.R., 1983. White mold - a serious yield limiting disease of bean. *Plant*
2 *Disease* 67, 346-350.
- 3 Sun, P., Yang, X.B., 2000. Light, temperature, and moisture effects on apothecium
4 production of *Sclerotinia sclerotiorum*. *Plant Disease*, 84, 1287-1293.
- 5 Tu, J.C., 1989. Management of white mold of white beans in Ontario. *Plant Disease*,
6 73, 281-285.
- 7 van Schoonhoven, A., and Pastor-Corrales, M. A. 1987. Standard system for the
8 evaluation of bean germplasm. Centro Internacional de Agricultura Tropical,
9 Cali, Colombia.
- 10 Venâncio, W.S., Rodrigues, M.A.T., Begliomini, E., Souza, N.L., 2004.
11 Physiological effects of estrobilurin fungicides on plants. Publication UEPG,
12 Ponta Grossa, 9, p. 59-68.
- 13 Vieira, R.F., Paula Júnior, T.J., Teixeira H., Carneiro J.E.S., 2010. White mold
14 management in common bean by increasing within-row distance between plants.
15 *Plant Disease* 94, 361-367.
- 16 Vieira, R.F., Paula Júnior, T.J., Teixeira, H., Carneiro, J.E.S., Cardoso, R.L.,
17 Queiroz, M.V., Prado, A.L., 2012. Lines from Brazilian dry bean breeding
18 programs with white mold resistance. Annual Report of the Bean Improvement
19 Cooperative 55, 155-156.
- 20 Vieira, R.F., Pinto, C. M. F., Paula Júnior, T.J., 2003. Chemigation with benomyl
21 and fluazinam and their fungicidal effects in soil for white mold control on
22 common beans. *Fitopatologia Brasileira* 28, 245-250.
- 23 Vieira, R.F., Vieira, C., Pinto, C.M.F., Rodrigues, O.L., 2002. Comportamento de
24 feijão do tipo manteigão em Minas Gerais. *Revista Ceres* 49: 29-39.
- 25
26
27
28
29
30
31
32
33

CAPÍTULO 2

GENÓTIPOS DE FEIJÃO COM RESISTÊNCIA DE CAMPO AO MOFO-BRANCO

RESUMO

O objetivo foi avaliar genótipos provenientes do Programa de Melhoramento do Feijoeiro no Estado de Minas Gerais quanto à resistência ao mofo-branco (MB). Os genótipos testados são provenientes do Programa de Melhoramento do convênio EPAMIG/UFLA/UFV/Embrapa Arroz e Feijão e foram selecionados quanto à intensidade do MB e produtividade, em área com histórico da doença. Cinco experimentos de campo e dois experimentos em casa de vegetação foram realizados. Os experimentos de campo foram conduzidos no outono-inverno em áreas naturalmente infestadas pelo fungo. A intensidade do MB foi avaliada com notas de 1 a 9, em que: 1 = plantas saudias e 9 = 80 a 100% de plantas doentes e/ou 60 a 100 % de tecidos infectados. Em casa de vegetação, as plantas foram inoculadas com o fungo pelo método do straw test. Sete dias após a inoculação, foram avaliados o comprimento de lesão, em cm, e a severidade dos sintomas da infecção, utilizando-se a escala de notas de 1 a 9, em que: 1 = plantas sem sintomas e 9 = morte da planta. A correlação entre a intensidade do MB em campo e a severidade da doença obtida em casa de vegetação foi negativa ou não significativa. Os genótipos VP-21, Ouro Branco, Ouro Negro, Ouro Vermelho e CAL 96 apresentaram maior resistência fisiológica à doença em casa de vegetação. Os genótipos BRS Vereda e CNFC 10722 mostraram ser boas fontes de resistência parcial no campo, podendo ser explorados em programas de melhoramento. A linhagem VC 17 com produtividade superior e maior resistência parcial ao MB em relação as cultivares em uso pode ser indicada em áreas sujeitas à ocorrência da doença.

Palavras-chave: Phaseolus vulgaris, Sclerotinia sclerotiorum, resistência genética, manejo integrado, melhoramento.

ABSTRACT

The objective was to evaluate genotypes from the Bean Breeding Program in the State of Minas Gerais regarding their resistance to white mold (WM). The genotypes tested are from a Covenant named Improvement Program EPAMIG/UFLA/UFV/Embrapa Arroz e Feijão, and were selected according to the intensity of the WM incidence and productivity in an area with a history of the disease. Five field experiments and two experiments in greenhouse were performed. Field experiments were conducted during the autumn-winter seasons in naturally infested areas by the fungus. The intensity of the WM was evaluated according with the scores from 1 to 9, where 1 = healthy plants and 9 = 80 to 100% of sick plantas and/or 60 to 100% of infected plant tissue. In the greenhouse, the plants were inoculated with the fungus by the straw test. Seven days after the inoculation, the lesion length in cm were evaluated, as well as the severity of symptoms of the infection, using the 1 to 9 rating scale, where: 1 = plants with no symptoms, and 9 = dead plant. The correlation between the intensity of the WM in the field and severity of the disease obtained in greenhouse was negative or not significant. The VP-21 genotypes, White Gold, Black Gold, Red Gold and CAL 96 had higher physiological disease resistance in the greenhouse. The BRS Vereda and CNFC 10722 genotypes proved to be good sources of partial resistance in the field, which can be exploited in breeding programs. The VC 17 line with higher productivity and greater partial resistance to WM, as compared with cultivars in use, may be used in areas subject to the occurrence of the disease.

Keywords: *Phaseolus vulgaris*, *Sclerotinia sclerotiorum*, genetic resistance, integrated management, plant breeding.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor mundial de feijão, com produção, na safra de 2012/2013, de 2832 mil toneladas e produtividade média de 910 kg/ha (CONAB, 2013). O estado de Minas Gerais é o maior produtor de feijão de outono-inverno (215 mil toneladas na safra de 2012/2013), com produtividade média de 2555 kg/ha (CONAB, 2013). As classes de grãos de feijão do tipo carioca (creme com listras amarronzadas), preto, vermelho e manteigão (grãos grandes), nessa ordem, são as mais importantes neste Estado.

Na safra de outono-inverno, onde o feijoeiro é irrigado, a alta umidade e as temperaturas moderadas favorecem o desenvolvimento do mofo-branco (MB), causado pelo fungo *Sclerotinia sclerotiorum*.

Não se conhecem fontes de resistência completa a *S. sclerotiorum*. A dificuldade de se desenvolver linhagens de feijão resistentes a este patógeno se deve ao fato da resistência parcial ser quantitativa, com moderada a baixa herdabilidade (Miklas et al., 2001). A medida de controle mais eficaz é a aplicação de fungicidas. No entanto, o alto custo desses insumos e seus efeitos deletérios ao ambiente e ao homem, têm motivado a procura de novas opções de manejo da doença (Paula Júnior et al., 2006; Vieira et al., 2012). Uma opção de baixo custo para o controle do MB do feijoeiro é o desenvolvimento de cultivares com resistência parcial. A maioria das fontes de resistência parcial são de genótipos de origem Andina (Schwartz e Singh, 2013), pouco cultivadas no Brasil. Dois mecanismos podem estar envolvidos na resistência ao MB: resistência fisiológica e escape (Kolkman e Kelly, 2002). A resistência fisiológica está relacionada com a defesa da planta que inibe a propagação do agente patogênico nos tecidos vegetais (Pascual et al., 2010). Os mecanismos de escape estão associados a caracteres morfológicos, como arquitetura ereta das plantas e porosidade do dossel (Kolkman e Kelly, 2002; Vieira et al., 2010), que alteram o microclima, e por isso limitam o estabelecimento e o desenvolvimento do fungo (Kolkman e Kelly, 2003).

A identificação de genótipos com resistência fisiológica ao MB tem sido realizada em casa de vegetação, com a inoculação de *S. sclerotiorum* nos feijoeiros (Steadmann et al., 2004, 2006). No campo é difícil discriminar os efeitos da resistência fisiológica e dos mecanismos de escape, pois ambos estão interligados. Além disso muitas vezes há dificuldades de se obter áreas uniformemente infectadas

1 com o patógeno para permitir a adequada avaliação de resistência (Schwartz e Singh,
2 2013).

3 Linhagens de feijoeiro desenvolvidas para o estado de Minas Gerais são
4 testadas anualmente em vários locais pelas instituições oficiais de pesquisa. Os
5 experimentos instalados para testar essas linhagens são chamados de "Valor de
6 Cultivo e Uso" (VCU). As linhagens testadas nos VCUs originam-se dos programas
7 de melhoramento das Universidades Federais de Lavras e Viçosa (UFLA, UFV) e da
8 Embrapa Arroz e Feijão, sendo testadas também pela Empresa de Pesquisa
9 Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG). Nesses experimentos não é feito o
10 controle de doenças com fungicidas, de forma que os genótipos podem expressar sua
11 capacidade de resistir ou tolerar as doenças.

12 Nossa hipótese é que há linhagens avançadas originadas dos programas de
13 melhoramento de feijão com resistência parcial ao MB. Para testar essa hipótese,
14 linhagens e cultivares selecionadas em ensaios de VCU, conduzidos em áreas com
15 histórico de MB, foram avaliadas quanto à resistência fisiológica e à resistência
16 parcial de campo. Portanto, nosso objetivo foi avaliar genótipos provenientes do
17 Programa de Melhoramento do Feijoeiro no Estado de Minas Gerais quanto à
18 resistência ao MB.

19

20 **2. MATERIAL E MÉTODOS**

21

22 2.1. Avaliação da resistência de feijoeiros ao mofo-branco em campo

23

24 2.1.1. Caracterização dos locais dos experimentos

25

26 Foram conduzidos cinco experimentos na safra de outono-inverno nas áreas
27 experimentais da UFV em Viçosa, MG (648 m de altitude; 20°45'14" S de latitude; e
28 42°52'55" W de longitude) e da EPAMIG em Oratórios, MG (492 m de altitude;
29 20°25'5" S de latitude; e 42°47'28" W). Um experimento foi conduzido em 2011
30 (Oratórios), dois em 2012 (Viçosa e Oratórios) e dois em 2013 (Viçosa e Oratórios).
31 As áreas utilizadas vêm sendo cultivadas com feijão há vários anos no outono-
32 inverno e apresentam histórico de MB (15 anos em Viçosa e oito anos em Oratórios).
33 O solo dessas duas áreas experimentais é classificado como Argissolo Vermelho-
34 Amarelo. Em Viçosa as principais características químicas da camada de 0 a 20 cm

1 de profundidade são: 53% de argila, 24% de silte, 23% de areia, P = 46,7 mg/dm³, K
2 = 112 mg/dm³ (Mehlich 1), Ca = 3,5 cmolc/dm³, Mg = 0,5 cmolc/dm³ (KCl,
3 1mol/litro) e pH = 4,8. As principais características químicas da camada de 0 a 20 cm
4 de profundidade em Oratórios são: 31% de argila, 44% de silte, 25% de areia, P =
5 110,3 mg/dm³, K = 160 mg/dm³(Mehlich 1), Ca = 2,7 cmolc/dm³, Mg = 0,7
6 cmolc/dm³ (KCl, 1mol/litro) e pH = 5,3. O pH foi medido utilizando uma relação
7 1:2,5 de solo-água.

8

9 2.1.2. Delineamento experimental, parcelas e genótipos

10

11 Foram testados 16 genótipos em 2011 e 20 genótipos em 2012 e 2013. Esses
12 genótipos são provenientes do Programa de Melhoramento do convênio
13 EPAMIG/UFLA/UFV/Embrapa Arroz e Feijão. Foi utilizado o delineamento em
14 blocos casualizados, com quatro repetições. As parcelas experimentais constaram de
15 duas fileiras de 3 m, espaçadas de 0,5 m, com 15 sementes por metro. A cultivar
16 BRSMG Madrepérola foi usada como bordadura externa dos experimentos.

17

18 2.1.3. Seleção dos genótipos para participação nos experimentos

19

20 Os genótipos que participaram desses experimentos foram selecionados em
21 VCUs conduzidos em Oratórios de 2008 a 2010, em área com histórico de MB. Na
22 seleção desses genótipos, foram avaliadas a intensidade do MB e a produtividade.
23 Esses experimentos foram conduzidos entre abril e agosto e foram irrigados por
24 aspersão.

25 Com base nos resultados obtidos nos VCUs, sete linhagens (VC 17 ,VP 21,
26 CNFC 10720, CNFC 10722, CNFP 10798, CNFP 11980, CNFC 11965) e as
27 cultivares BRS Vereda e Ouro Branco foram selecionadas para o ensaio de 2011.
28 Nesse ensaio, as reações dessas linhagens/cultivares ao MB foram comparadas com
29 as das seguintes cultivares atualmente em uso: Pérola (lançada em 1994) , BRSMG
30 Majestoso (lançada em 2006), Ouro Negro (lançada em 1991) e Ouro Vermelho
31 (lançada em 2005). Essas quatro cultivares são amplamente cultivadas em Minas
32 Gerais. Com base nos resultados dos VCUs, essas cultivares são, em maior ou
33 menor grau, suscetíveis ao MB. A linhagem A 195 também foi incluída no estudo
34 para comparação, por sua conhecida resistência fisiológica ao MB (Singh et al.,

1 2007). Logo, no total foram testadas 14 linhagens/cultivares. Em 2012 e 2013 foram
2 incluídas três linhagens (CAL 96, CNFC 10432 e CNFP 11990) e uma cultivar (BRS
3 Executivo) selecionadas com base na avaliação nos resultados de intensidade do MB
4 e produtividade dos VCUs de 2011. A linhagem RP-1 (com previsão de lançamento
5 para 2015) e a cultivar BRS Estilo (lançada em 2010) também foram incluídas para
6 comparação. Assim, no total, foram testadas 20 linhagens/cultivares.

7

8 2.1.4. Adubação e tratos culturais

9

10 Aproximadamente três semanas antes da semeadura foi aplicado glifosato, na
11 dose de 2 L/ha, sobre as plantas daninhas presentes na gleba. Cinco dias antes da
12 semeadura, preparou-se o solo com arado e grade niveladora. A semeadura foi
13 realizada manualmente. No estágio V3 (primeira folha trifoliolada), foi realizado
14 desbaste para, aproximadamente, 12 plantas por metro. Na adubação de plantio
15 foram empregados 350 kg/ha da formulação comercial 8-28-16 (N-P₂O₅-K₂O). Em
16 cobertura, no estágio V4 (terceira folha trifoliolada), foram distribuídos em filete ao
17 lado das plantas 150 kg/ha de ureia. Nessa fase, as plantas também foram
18 pulverizadas com uma solução de molibdato de sódio (0,06 kg/ha de molibdênio). As
19 plantas daninhas foram controladas com fomesafen (0,25 kg/ha) e fluazifop-p-butil
20 (0,20 kg/ha) e com capinas manuais, quando necessário. O controle de pragas,
21 especialmente o da cigarrinha-verde (*Empoasca kraemeri*), foi realizado com
22 deltametrina na dose de 0,08 kg/ha e metamidofós, na dose de 0,4 kg/ha. Na fase V4,
23 as plantas foram pulverizadas preventivamente com o fungicida azoxistrobina (0,08
24 kg/ha) para controlar doenças foliares. A área foi irrigada com aspersores
25 posicionados a 1,5 m acima do nível do solo. A irrigação foi feita a cada dois dias
26 para promover boa emergência das plântulas, a uma taxa de aproximadamente 5 mm
27 de água por semana, posteriormente foi realizada conforme o recomendado para a
28 cultura na região (Barbosa e Gonzaga, 2012). As plantas foram colhidas quando pelo
29 menos 90% das vagens alcançaram a maturidade.

30 Cinco variáveis meteorológicas (precipitação pluvial, temperatura máxima e
31 mínima, duração de luz e umidade relativa) foram obtidas em uma estação
32 automática localizada próxima aos experimentos. Os dados são apresentados na
33 Tabela 1.

34

1 2.1.5. Características avaliadas

2

3 Foram avaliadas as seguintes variáveis: tipo de planta, acamamento,
4 intensidade de MB, ciclo de vida, população final de plantas e produtividade. Os
5 tipos de plantas foram avaliados em R7 (início da formação de vagens) e foram estes:
6 I - hábito de florescimento determinado, arbustivo e porte da planta ereto; II - hábito
7 de florescimento indeterminado, arbustivo, porte da planta ereto e caule pouco
8 ramificado; e III - hábito de florescimento indeterminado, prostrado ou
9 semiprostrado, com ramificação bem desenvolvida e aberta (Barbosa e Gonzaga,
10 2012). A avaliação do acamamento e da intensidade do MB foi feita quando a
11 maioria das plantas havia atingido a maturidade fisiológica. O acamamento foi
12 avaliado com notas de 1 a 5 (Vieira et al., 2002), em que: 1 = todas as plantas eretas;
13 2 = todas as plantas ligeiramente inclinadas ou algumas plantas caídas; 3 = todas as
14 plantas moderadamente inclinadas (45°) ou 25% a 50% das plantas caídas; 4 = todas
15 as plantas consideravelmente inclinadas ou 50% a 80% das plantas caídas; e 5 =
16 todas as plantas fortemente inclinadas ou 80% a 100% das plantas caídas. A
17 intensidade de MB foi avaliada com notas de 1 a 9 (Miklas et al., 2001): 1 = plantas
18 sadias, 2 = 1 a 20% de plantas doentes e/ou 1 a 5 % de tecidos infectados, 3 = 20 a
19 30% de plantas doentes e/ou 5 a 10 % de tecidos infectados, 4 = 30 a 40% de plantas
20 doentes e/ou 10 a 20 % de tecidos infectados, 5 = 40 a 50% de plantas doentes e/ou
21 20 a 30 % de tecidos infectados, 6 = 50 a 60% de plantas doentes e/ou 30 a 40 % de
22 tecidos infectados, 7 = 60 a 70% de plantas doentes e/ou 40 a 50 % de tecidos
23 infectados, 8 = 70 a 80% de plantas doentes e/ou 50 a 60 % de tecidos infectados, e
24 9 = 80 a 100% de plantas doentes e/ou 60 a 100 % de tecidos infectados. O ciclo de
25 vida foi avaliado comparativamente: os genótipos com ciclo de vida mais longos
26 foram denominados tardios e os genótipos de ciclo de vida variando de 85 a 95 dias
27 foram denominados normais. Após a trilha e beneficiamento das sementes, estas
28 foram pesadas e o teor de água foi determinado. A produtividade de grãos foi
29 determinada, fazendo a correção do teor de água para 14%.

30

31 2.2. Avaliação da resistência fisiológica de feijoeiros ao mofo-branco

32

33 Foram realizados dois experimentos em casa de vegetação com os 20
34 genótipos que participaram dos ensaios de campo e que foram selecionados em

1 VCU. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado com quatro
2 repetições. A unidade experimental constou de um vaso de 3 L preenchido com
3 substrato comercial (Tropstrato, HT) com três plantas.

4 No primeiro experimento, as plantas foram inoculadas com um isolado de *S.*
5 *sclerotiorum* de Oratórios, Zona da Mata, Minas Gerais, no segundo, com um isolado
6 de Unaí, Noroeste de Minas Gerais. O isolado de Oratórios foi obtido na fazenda
7 experimental da EPAMIG, um dos locais onde foi conduzido o experimento de
8 campo. O isolado de Unaí foi selecionado por representar uma região
9 tradicionalmente produtora de feijão. A inoculação de *S. sclerotiorum* foi feita
10 utilizando-se o método straw test (Petzoldt e Dickson, 1996). Para tanto, escleródios
11 foram multiplicados em placas de Petri com BDA e mantidos a 23°C, no escuro. Três
12 dias após a multiplicação e 28 dias após a semeadura, inoculou-se o fungo em uma
13 haste seccionada usando um disco de micélio em BDA, incluso em uma seção de
14 ponteira plástica de 1000 µL, para haver contato entre o fungo e o tecido vegetal.
15 Sete dias após a inoculação, foram avaliados o comprimento de lesão, em cm, e a
16 severidade dos sintomas da infecção de *S. sclerotiorum*, utilizando-se a escala de
17 notas adaptada de Terán et al. (2006), em que: 1 = plantas sem sintomas; 2 = invasão
18 do fungo além do sítio de inoculação; 3 = invasão do fungo próximo ao primeiro nó;
19 4 = invasão do fungo até o primeiro nó; 5 = invasão do fungo além do primeiro nó; 6
20 = invasão do fungo próximo ao segundo nó; 7 = invasão do fungo até o segundo nó;
21 8 = invasão do fungo além do segundo nó; e 9 = morte da planta.

22

23 2.3. Análise estatística

24

25 Os dados foram submetidos à análise de variância, e as médias agrupadas
26 pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Em casa de vegetação, foram
27 calculadas as correlações entre intensidade de MB e comprimento de lesão para cada
28 isolado e entre os isolados. Nos experimentos de campo, foram obtidas as
29 correlações entre intensidade de MB e produtividade e entre intensidade de MB e
30 acamamento. Também foi calculada a correlação entre severidade de MB em casa de
31 vegetação e intensidade da doença no campo. Foi feita análise conjunta dos
32 experimentos de campo com níveis semelhantes de MB. Foi utilizando o software
33 programa SAEG (Sistema para Análises Estatísticas, 2007).

1 **Tabela 1.** Médias mensais de precipitação, temperaturas máxima e mínima, duração de luz e umidade relativa, entre abril e agosto de 2011, 2012
 2 e 2013 nos municípios de Viçosa e Oratórios, MG.
 3

VIÇOSA															
Mês	Precipitação pluvial (mm)			Temp. Max. (°C)			Temp. Min. (°C)			Duração de luz (h)			Umidade relativa (%)		
	2011	2012	2013	2011	2012	2013	2011	2012	2013	2011	2012	2013	2011	2012	2013
Abril	43,5	52,9	119,6	26,5	27,8	26,3	17,4	16,9	16,5	155,5	189,0	148,3	85,2	83,1	83,5
Maio	2,6	104,0	62,1	24,7	23,6	24,7	13,6	14,3	13,7	250,6	168,3	252,1	81,6	83,8	84,5
Junho	22,7	8,4	24,7	23,0	24,3	24,3	11,4	14,1	20,4	156,9	168,4	146,3	82,5	86,3	84,4
Julho	0,0	0,4	1,9	23,9	24,8	24,0	9,9	10,9	12,3	279,8	245,6	172,1	80,5	82,7	82,1
Agosto	4,8	5,5	3,5	27,2	25,4	25,8	12,7	11,9	12,0	185,7	206,9	222,2	70,1	77,5	74,2
ORATÓRIOS															
Mês	Precipitação pluvial (mm)			Temp. Max. (°C)			Temp. Min. (°C)			Duração de luz (h)			Umidade relativa (%)		
	2011	2012	2013	2011	2012	2013	2011	2012	2013	2011	2012	2013	2011	2012	2013
Abril	65,0	33,9	76,9	30,5	32,3	32,3	9,4	10,7	10,7	155,5	153,4	154,8	80,2	80,6	80,4
Maio	4,3	128,3	53,0	34,7	35,2	35,2	9,6	10,6	10,6	130,6	133,3	136,3	71,6	71,4	71,5
Junho	26,5	4,8	25,5	28,0	29,2	29,2	11,4	10,3	11,7	115,9	114,8	110,2	72,5	62,5	62,3
Julho	0,0	0,0	0,0	28,9	29,1	29,1	7,9	7,7	7,7	119,8	116,2	116,2	70,5	72,8	72,8
Agosto	0,0	4,8	3,5	29,2	31,0	31,0	6,7	5,9	5,9	139,7	133,1	133,1	70,1	64,3	64,3

3. RESULTADOS

3.1. Resistência de campo de genótipos de feijão ao mofo-branco

O tipo de planta e o ciclo de vida, assim como a cor do tegumento e a origem dos genótipos são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Características e instituições de origem dos genótipos testados.

Genótipos	Tipo de planta ¹	Cor do tegumento ou tipo comercial	Ciclo de vida ²	Origem
CNFC 10720	II	carioca	normal	Embrapa
CNFC 10722	II	carioca	normal	Embrapa
CNFP 10798	II	preto	normal	Embrapa
VP 21	II	preto	normal	UFV
Ouro Branco	I	branco	precoce	Embrapa
VC 17	III	carioca	normal	UFV
CNFC 11965	II	carioca	normal	Embrapa
BRS Vereda	III	rosinha	normal	Embrapa
Ouro Negro	III	preto	normal	Epamig
A 195	I	bege	precoce	CIAT
Ouro Vermelho	III	vermelho	normal	UFV
BRSMG Majestoso	III	carioca	normal	UFLA
CNFP 11980	II	preto	normal	Embrapa
Pérola	III	carioca	normal	Embrapa
CAL 96	I	vinho com raja rósea	precoce	CIAT
BRS Executivo	III	rósea com raja vinho	normal	Embrapa
CNFC 10432	II	carioca	normal	Embrapa
CNFP 11990	II	preto	normal	Embrapa
RP-1	II	carioca	normal	UFLA
BRS Estilo	II	carioca	normal	Embrapa

¹I - hábito de crescimento determinado, arbustivo e porte da planta ereto; II - hábito de crescimento indeterminado, arbustivo, porte da planta ereto e caule pouco ramificado; e III - hábito de crescimento indeterminado, prostrado ou semiprostrado, com ramificação bem desenvolvida e aberta.

²normal: ciclo de vida variando de 85-95 dias; precoce: ciclo de vida mais curto.

3.1.1. Oratórios (2011, alta intensidade de mofo-branco)

A alta precipitação durante o início da floração (Tabela 1, ver junho, 2011) favoreceu a doença. Não houve efeito dos genótipos sobre a população final de plantas, que foi, em média, de 10,7 plantas/m.

Em média, a intensidade do mofo-branco (IMB) foi de 5,6 e a produtividade de 1935 kg/ha (Tabela 3). A pressão da doença foi alta, pois a maior nota (Ouro

1 Negro = 7,5) ficou próxima da nota máxima de 9,0. Formaram-se três grupos de
2 genótipos com base na produtividade e dois grupos com base na IMB (Tabela 3). Os
3 seis primeiros genótipos da Tabela 3 ficaram em grupo mais produtivo que as
4 cultivares (em negrito). A IMB desses seis genótipos variou de 4,2 a 5,6, ou seja,
5 ficaram no mesmo grupo da linhagem americana A 195. O acamamento desses
6 genótipos variou de 2,3 a 3,2 e foram classificados em ligeiramente ou
7 moderadamente inclinadas. Entre as cultivares, a Pérola foi classificada em grupo
8 mais produtivo e com menor IMB que as demais.

9 Das seis linhagens (VC 17, CNFC 10720, CNFP 10798, CNFC 10722, CNFP
10 11980 e BRS Vereda) que ficaram no grupo das mais produtivas e com menor IMB
11 apenas VC 17 e BRS Vereda são do tipo III. A linhagem VC 17 foi o genótipo com
12 maior média de produtividade e apresentou superioridade de 32,3% em relação ao
13 cultivar que mais produziu (Pérola).

14 A correlação entre IMB e produtividade foi alta e negativa ($r = -0,69$, $p <$
15 $0,001$) e entre IMB e acamamento foi moderada e positiva ($r = 0,56$, $p < 0,001$). Não
16 houve correlação significativa entre a IMB no campo e a severidade da doença em
17 casa de vegetação.

18

19

20

21

22

23

24

25

26

27

28

29

30

31

32

33

1 **Tabela 3.** Produtividade, intensidade do mofo-branco (IMB) e acamamento de
 2 genótipos de feijão em Oratórios, MG, Brasil, outono-inverno de 2011.
 3 As cultivares testemunhas estão em negrito.
 4

Genótipos	Produtividade (kg/ha)	IMB²	Acamamento³
VC 17	2716 A ¹	5,2 B	3,0 B
CNFC 10720	2593 A	5,6 B	2,9 C
CNFP 10798	2517 A	5,4 B	2,7 C
CNFC 10722	2507 A	4,4 B	2,3 C
CNFP 11980	2430 A	5,2 B	2,6 C
BRS Vereda	2210 A	4,2 B	3,2 B
A 195 ⁴	1933 B	5,1 B	1,5 D
Pérola	1840 B	5,8 B	3,5 B
CNFC 11965	1763 B	5,3 B	2,5 C
VP 21	1707 B	5,9 B	3,0 B
Ouro Vermelho	1403 C	6,3 A	4,1 A
BRSMG Majestoso	1337 C	7,0 A	3,4 B
Ouro Branco	1227 C	5,8 B	2,4 C
Ouro Negro	907 C	7,5 A	4,1 A
Média	1935	5,6	2,9
CV (%)	21,0	16,2	11,0

5 ¹ Grupo de médias seguidas da mesma letra na coluna pertencem ao mesmo grupo de acordo com o
 6 teste de Scott-Knott, a 5%. ²1 = plantas sadias e 9 = 80 a 100% de plantas doentes e/ou 50 a 60 % de
 7 tecidos infectados. ³1 = todas as plantas eretas e 5 = todas as plantas fortemente inclinadas ou 80% a
 8 100% das plantas caídas. ⁴ Fonte de resistência parcial.
 9

10 3.1.2. Viçosa e Oratórios (2012, baixa intensidade de mofo-branco)

11

12 Apesar da temperatura favorável e das irrigações semanais, a IMB foi baixa.
 13 Um dos fatores que contribuíram para isso foi a quase ausência de chuvas durante a
 14 fase reprodutiva do feijão (Tabela 1, ver junho, 2012). Não houve efeito dos
 15 genótipos sobre a população final de plantas, cuja média foi de 9,7 plantas/m.

16 Em média, a IMB foi de 2,8 em Oratórios e de 1,9 em Viçosa. Em Viçosa,
 17 não houve efeito dos genótipos sobre a IMB. A produtividade média foi de 2261
 18 kg/ha em Oratórios e de 2403 kg/ha em Viçosa (Tabela 4).

19 A análise conjunta dos experimentos revelou interação significativa entre
 20 locais e genótipos quanto à produtividade e IMB. Em Oratórios, os genótipos foram
 21 classificados em quatro grupos de produtividade; em Viçosa, em três. As linhagens
 22 VC 17 e CNFP 10798 foram os únicos genótipos que ficaram no grupo das mais
 23 produtivas nos dois locais. Elas apresentaram baixa intensidade do MB e
 24 acamamento intermediário entre os genótipos que menos acamaram (RP-1 e CNFC

1 10722) e o que mais acamou (Ouro Vermelho). Nos dois locais, a linhagem A 195
2 ficou no mesmo grupo das linhagens VC 17 e CNFP 10798 quanto à IMB (grupo
3 intermediário), mas foi menos produtiva que essas linhagens brasileiras. Os
4 genótipos CNFC 10722, CNFP 11980, BRS Vereda, CNFC 10432, BRS Estilo e RP-
5 1 ficaram no grupo com menor IMB. A cultivar BRS Vereda e a linhagem CNFC
6 11965 ficaram no grupo menos produtivo nos dois locais, embora tenham
7 apresentado intensidade leve de MB. Em Oratórios, onde a IMB foi mais alta que em
8 Viçosa, as cultivares Ouro Negro e Ouro Vermelho ficaram no grupo das menos
9 produtivas. As plantas dessas cultivares estiveram entre as que mais acamaram e
10 entre as com maior IMB. No outro extremo, com produtividade superior a 3000
11 kg/ha, ficou a linhagem RP-1, que ficou no grupo das que menos acamaram e no
12 grupo com menor IMB em Oratórios (Tabela 4).

13 Novamente a linhagem VC 17 foi o genótipo com maior média de
14 produtividade, mesmo em condições de baixa IMB, e apresentou superioridade de
15 3,3% em relação a cultivar RP-1 (linhagem com lançamento previsto para 2015).

16 Em Oratórios, houve correlação moderada ($r = 0,57$, $p < 0,001$) entre
17 acamamento e IMB. Em Viçosa a correlação entre acamamento e IMB foi baixa ($r =$
18 $0,17$, $p < 0,048$). Não houve correlação significativa entre IMB e produtividade em
19 ambos os locais. Houve correlação alta e negativa ($r = -0,72$) entre a intensidade do
20 MB em Oratórios e a severidade da doença em casa de vegetação com ambos os
21 isolados.

22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33

1 **Tabela 4.** Produtividade, intensidade do mofo-branco (IMB) e acamamento de
 2 genótipos de feijão em Oratórios e Viçosa, MG, Brasil, outono-inverno
 3 de 2012. As cultivares testemunhas e a linhagem RP-1 (com lançamento
 4 previsto para 2015) estão em negrito.
 5

Genótipos	Produtividade (kg/ha)		IMB ²		Acamamento ³
	Oratórios	Viçosa	Oratórios	Viçosa	
RP-1	3183 A ¹	2436 B	1,9 C	2,0 A	1,6 G
VC 17	2756 A	3056 A	2,8 B	2,4 A	3,0 C
CNFP 10798	2743 A	2646 A	2,2 B	1,6 A	2,4 D
CNFP 11990	2626 B	2826 A	2,2 B	1,6 A	2,2 E
A 195 ⁴	2583 B	2400 B	2,8 B	1,2 A	2,1 E
CNFC 10432	2500 B	2896 A	1,4 C	2,0 A	1,7 F
BRS Estilo	2460 B	2510 A	1,8 C	2,6 A	2,2 E
Majestoso	2390 B	2470 B	4,4 A	2,8 A	2,8 C
CAL 96	2343 B	1990 C	4,5 A	1,2 A	2,2 E
BRS Executivo	2313 B	2083 C	2,8 B	1,6 A	3,3 C
CNFC 10720	2290 B	2756 A	2,6 B	1,6 A	1,9 F
CNFC 10722	2126 C	2333 B	1,0 C	1,6 A	1,4 G
Ouro Branco	2110 C	2013 C	4,7 A	1,0 A	2,7 D
VP 21	2080 C	2280 B	3,6 A	1,8 A	2,6 D
Pérola	2046 C	2303 B	2,4 B	2,0 A	3,1 C
CNFP 11980	2023 C	2623 A	1,2 C	1,8 A	2,0 F
Ouro Negro	1756 D	2276 B	4,9 A	3,0 A	3,7 B
BRS Vereda	1726 D	1906 C	1,3 C	2,2 A	3,2 C
CNFC 11965	1720 D	1876 C	2,2 B	2,0 A	1,9 F
Ouro Vermelho	1450 D	2380 B	4,6 A	2,0 A	4,4 A
Média	2261	2403	2,8	1,9	2,5
CV(%)	16,0	16,3	35,8	41,5	16,6

6 ¹ Grupo de médias seguidas da mesma letra na coluna pertencem ao mesmo grupo de acordo com o
 7 teste de Scott-Knott, a 5%. ²1 = plantas saudáveis e 9 = 80 a 100% de plantas doentes e/ou 50 a 60 % de
 8 tecidos infectados. ³1 = todas as plantas eretas e 5 = todas as plantas fortemente inclinadas ou 80% a
 9 100% das plantas caídas. ⁴ Fonte de resistência parcial.
 10

11 3.1.3. Viçosa e Oratórios (2013, alta intensidade do mofo-branco)

12

13 A alta precipitação durante o período de floração (Tabela 1, ver maio e junho
 14 2013), fez com que as condições fossem favoráveis para o desenvolvimento do MB.
 15 Não houve efeito dos genótipos sobre a população final de plantas, cuja média foi de
 16 14 plantas/m.

17 A pressão da doença foi alta em ambos os locais, pois os genótipos mais
 18 suscetíveis à doença tiveram notas em torno de 8,0, próximo da nota máxima de 9,0.
 19 Em média, a IMB foi 5,9 em Oratórios e 4,5 em Viçosa. A produtividade média foi
 20 2649 kg/ha em Oratórios e 2666 kg/ha em Viçosa (Tabela 5).

1 A análise conjunta dos experimentos revelou interação significativa entre
2 locais e genótipos. Em Oratórios, os genótipos foram classificados em quatro grupos
3 de produtividade; em Viçosa, em três. As linhagens CNFC 10432, VC 17, CNFC
4 10720 e CNFP 11990 ficaram no grupo mais produtivo. Essas linhagens
5 apresentaram IMB e acamamento moderados, enquanto as cultivares tiveram, em
6 pelo menos um dos locais, IMB moderada/alta ou alta e acamamento entre
7 baixo/moderado (BRS Estilo) e alto (Ouro Vermelho e Ouro Negro). Essas duas
8 últimas cultivares ficaram no grupo menos produtivo em Viçosa. As plantas dessas
9 cultivares estiveram entre as que mais acamaram e entre as com maior IMB. Em
10 Oratórios, essa posição foi ocupada pelos genótipos Ouro Branco, BRS Executivo e
11 CAL 96. Esses genótipos apresentaram alta IMB e plantas moderadamente
12 inclinadas. Em geral, a linhagem A 195 apresentou IMB mais alto e produtividade
13 mais baixa que as quatro linhagens mais produtivas. Os genótipos com menor IMB
14 nos dois locais (BRS Vereda, CNFC 10720, CNFC 10722 e CNFP 10798) acamaram
15 pouco (CNFC 10722) ou moderadamente, e apenas a CNFC 10720 ficou no grupo
16 das mais produtivas.

17 Em Viçosa, entre as cultivares, apenas BRS Estilo e RP-1 ficaram no grupo
18 das mais produtivas. Essas cultivares apresentaram nível intermediário de IMB e
19 plantas moderadamente inclinadas nesse local.

20 Das quatro linhagens que ficaram entre as mais produtivas apenas VC 17 é
21 do tipo III (Tabela 2). Essas linhagens ficaram com notas semelhantes ou menores
22 que as da linhagem A195 e as plantas foram classificadas como moderadamente
23 inclinadas.

24 A correlação entre IMB e acamamento foi baixa em Oratórios ($r = 0,29$, $p <$
25 $0,001$) e moderada em Viçosa ($r = 0,44$, $p < 0,001$). Em Oratórios, a correlação entre
26 IMB e produtividade foi alta e negativa ($r = -0,72$ $p < 0,001$); em Viçosa, ela foi
27 moderada e negativa ($r = -0,64$, $p < 0,001$). Houve correlação moderada e negativa
28 entre a IMB em Oratórios e a severidade da doença em casa de vegetação com
29 isolado de Oratórios ($r = -0,47$; $p = 0,02$) e Unai ($r = -0,60$; $p = 0,02$). Em Viçosa a
30 correlação entre IMB e a severidade da doença em casa de vegetação também foi
31 moderada e negativa com o isolado de Oratórios ($r = -0,48$, $p = 0,02$) e de Unai ($r = -$
32 $0,51$; $p = 0,01$).

33

1 **Tabela 5.** Produtividade, intensidade do mofo-branco (IMB) e acamamento de
 2 genótipos de feijão em Oratórios e Viçosa, MG, Brasil, outono-inverno
 3 de 2013. As cultivares testemunhas e a linhagem RP-1 (com lançamento
 4 previsto para 2015) estão em negrito.
 5

Genótipos	Produtividade (kg/ha)		IMB ²		Acamamento ³	
	Oratórios	Viçosa	Oratórios	Viçosa	Oratórios	Viçosa
CNFC 10432	3733 A ¹	3236 A	4,9 D	4,4 B	2,7 D	3,2 B
VC 17	3694 A	3147 A	4,6 D	4,4 B	2,9 D	3,2 B
CNFC 10720	3480 A	3350 A	5,0 D	3,2 C	3,1 C	3,3 B
CNFP 11990	3420 A	2963 A	4,9 D	4,1 B	2,7 D	3,1 B
CNFC 11965	3240 A	2657 B	5,8 C	3,2 C	3,1 C	2,6 C
CNFP 10798	3090 B	3037 A	4,7 D	2,9 C	2,9 D	3,5 B
Ouro Vermelho	2930 B	1790 C	6,1 C	7,4 A	4,1 A	4,5 A
BRS Vereda	2830 B	2500 B	4,5 D	2,3 C	3,6 B	3,3 B
Pérola	2760 B	2683 B	6,0 C	5,3 B	3,7 B	3,3 B
VP 21	2716 B	2487 B	5,6 C	5,0 B	3,6 B	3,3 B
Majestoso	2676 B	2303 B	5,5 C	6,7 A	3,7 B	3,2 B
CNFP 11980	2670 B	2620 B	5,7 C	3,4 C	2,7 D	3,1 B
CNFC 10722	2553 B	2990 A	5,3 D	3,1 C	2,8 D	2,4 C
BRS Estilo	2257 C	2967 A	7,0 B	4,8 B	2,8 D	2,6 C
RP-1	2223 C	2970 A	6,2 C	4,2 B	3,1 C	3,1 B
Ouro Negro	2127 C	1360 C	7,0 B	7,9 A	4,2 A	4,5 A
A 195 ⁴	2113 C	2800 B	6,5 B	5,3 B	2,6 D	2,0 D
Ouro Branco	1620 D	2303 B	7,9A	3,8 C	3,5 B	1,9 D
BRS Executivo	1456 D	2530 B	7,0 B	4,2 B	3,2 C	3,2 B
CAL 96	1386 D	2627 B	8,4 A	4,7 B	3,1 C	1,7 D
Média	2648,9	2665,5	5,9	4,5	3,2	3,0
CV(%)	24,8	12,5	15,7	18,3	9,9	9,9

6 ¹ Grupo de médias seguidas da mesma letra na coluna pertencem ao mesmo grupo de acordo com o
 7 teste de Scott-Knott, a 5%. ²1 = plantas sadias e 9 = 80 a 100% de plantas doentes e/ou 50 a 60 % de
 8 tecidos infectados. ³1 = todas as plantas eretas e 5 = todas as plantas fortemente inclinadas ou 80% a
 9 100% das plantas caídas. ⁴ Fonte de resistência parcial.

10

11 BRS Vereda e CNFC 10722 foram os únicos genótipos que ficaram no grupo
 12 com menor IMB em todos os experimentos. Esses genótipos ficaram no grupo dos
 13 mais produtivos em 2011 (Tabela 3), quando a intensidade da doença foi alta. Em
 14 2012, quando a intensidade da doença foi baixa, esses genótipos ficaram com
 15 produtividade baixa (BRS Vereda) ou intermediária (CNFC 10722) (Tabela 4) e em
 16 2013, quando a IMB foi alta, BRS Vereda teve produtividade intermediária, e CNFC
 17 10722 intermediária (Oratórios) ou alta (Viçosa) (Tabela 5). BRS Vereda têm hábito
 18 de crescimento tipo III com plantas moderadamente inclinadas, já a linhagem CNFC
 19 10722 têm hábito de crescimento tipo II e plantas ligeiramente inclinadas.

1 Na média dos cinco experimentos, a linhagem VC 17 (carioca, tipo III)
2 apresentou IMB de 3,9 (nota inferior à apresentada pela linhagem A 195), e foi o
3 único genótipo que ficou no grupo dos mais produtivos em todos os ensaios,
4 produzindo cerca de 20% a mais que a cultivar Estilo (a mais produtiva entre as
5 cultivares). Em geral, essa linhagem, apresentou IMB semelhante ou menor que a
6 linhagem A 195. Apesar de apresentar hábito de crescimento tipo III, as plantas
7 dessas linhagem foram classificadas como moderadamente inclinadas. Entre os
8 feijões preto, CNFP 11990 foi o mais produtivo, produzindo cerca de 75% a mais
9 que a cultivar Ouro negro na média dos cinco experimentos.

11 3.2. Resistência fisiológica de genótipos de feijão ao mofo-branco

13 Com o isolado de Oratórios, as notas de severidade do MB variaram de 4,2 a
14 8,2 e as do comprimento de lesão, de 4,0 a 9,3 cm; com o isolado de Unaí, de 4,7 a 8
15 e de 4,8 a 9,3 cm, respectivamente (Tabela 6). Os genótipos foram separados em três
16 (isolado de Oratórios) ou dois (isolado de Unaí) grupos, com base na severidade da
17 doença, e em dois grupos, com base no comprimento de lesão. Os genótipos VP-21,
18 Ouro Branco, Ouro Negro, Ouro Vermelho e CAL 96 tiveram as notas mais baixas
19 de severidade de MB e menores comprimentos de lesão, ou seja, apresentaram maior
20 resistência fisiológica à doença. Esses genótipos ficaram no mesmo grupo da
21 linhagem A 195, de resistência fisiológica mundialmente conhecida. A cultivar BRS
22 Estilo, lançada em 2012, apresentou as notas mais altas de severidade e comprimento
23 de lesão com ambos os isolados. A linhagem RP-1, que deve ser lançada em breve,
24 também apresentou baixa resistência fisiológica à doença.

25 A correlação foi alta ($r = 0,78$, $p < 0,001$) entre a severidade da doença com
26 o isolado de Oratórios e a severidade da doença com o isolado de Unaí e moderada (r
27 $= 0,65$, $p < 0,001$) entre o comprimento de lesão com o isolado de Oratórios e o
28 comprimento de lesão do isolado de Unaí.

1 **Tabela 6.** Resistência fisiológica de 20 genótipos de feijoeiro. Avaliação da
 2 severidade e comprimento de lesão (CL) feita em casa de vegetação aos
 3 sete dias após a inoculação das plantas com dois isolados de *Sclerotinia*
 4 *sclerotiorum*. As cultivares testemunhas e a linhagem RP-1 (com
 5 lançamento previsto para 2015) estão em negrito.
 6

Genótipos	Isolado de Oratórios		Isolado de Unai	
	Severidade ²	CL (cm)	Severidade	CL (cm)
RP-1	8,2 A ¹	7,7 A	7,1 A	5,9 B
CNFC 10720	7,6 A	8,3 A	8,0 A	7,4 A
BRS Estilo	7,5 A	9,3 A	7,2 A	6,7 A
CNFP 11980	7,2 A	9,2 A	7,2 A	7,0 A
CNFC 10432	7,2 A	7,7 A	6,6 A	5,8 B
CNFC 11965	7,1 A	7,6 A	6,9 A	6,9 A
BRS Vereda	6,9 A	7,1 A	6,5 A	5,0 B
CNFC 10722	6,3 A	6,2 B	6,5 A	5,0 B
VC 17	6,2 B	7,9 A	6,9 A	7,4 A
CNFP 10798	6,1 B	6,7 A	6,6 A	6,8 A
Pérola	6,0 B	7,4 A	6,8 A	7,6 A
BRSMG Majestoso	5,7 B	6,8 A	5,5 B	5,6 B
CNFP 11990	5,4 B	6,7 A	7, 1 A	7,2 A
BRS Executivo	5,2 C	8,6 A	6,8 A	9,3 A
Ouro Negro	5,2 C	5,9 B	5,2 B	5,7 B
VP 21	4,9 C	5,2 B	6,5 A	6,2 B
Ouro Branco	4,7 C	5,3 B	4,7 B	4,9 B
Ouro Vermelho	4,6 C	4,5 B	5,5 B	5,4 B
A 195	4,5 C	4,3 B	4,9 B	5,6 B
CAL 96	4,2 C	4,0 B	4,7 B	4,8 B

7 ¹Médias seguidas da mesma letra na coluna pertencem ao mesmo grupo de acordo com o teste de
 8 Scott-Knott, a 5%. ²1 = plantas sem sintomas; e 9 = morte da planta.
 9

10 4. DISCUSSÃO

11

12 Os resultados indicam que há linhagens avançadas originadas dos programas
 13 de melhoramento de feijão que são boas fontes de resistência parcial ao MB e
 14 apresentam produtividade superior às cultivares atualmente em uso.

15 A presença de correlação negativa ou ausência de correlação entre a
 16 intensidade do MB em campo e a severidade da doença obtida em casa de vegetação
 17 sugerem que a resistência fisiológica é um fator que não contribui de forma
 18 significativa para a resistência expressa no campo. Chung et al. (2008), Mkwaila et
 19 al. (2011), e Soule et al. (2011) também encontraram baixas correlações entre os

1 resultados obtidos em casa de vegetação e no campo. As avaliações da resistência
2 dos genótipos de feijão à infecção com *S. sclerotiorum* feita por inoculação, como
3 quando se utiliza o straw test, leva em consideração apenas a resistência fisiológica,
4 que está relacionada com os mecanismos de defesa da planta, que inibem a
5 propagação do agente patogênico nos tecidos vegetais (Pascual et al., 2010). No
6 campo, a resistência do feijoeiro ao MB está associada a fatores morfológicos, como
7 porte ereto, vagens posicionadas mais altas em relação ao solo e baixo grau de
8 acamamento (Kolkman e Kelly, 2002).

9 Ouro Negro e Ouro Vermelho apresentaram alta resistência fisiológica. No
10 entanto tiveram baixa resistência parcial no campo, o que resultou em produtividade
11 baixa ou intermediária. Essas cultivares estão entre as que mais acamaram.
12 Cultivares prostradas (tipo III) favorecem o desenvolvimento do MB no campo,
13 como observado por Vieira et al. (2010). Por outro lado cultivares de porte ereto
14 (tipo I ou II) geralmente apresentam maior tolerância ao MB no campo, por
15 permitirem maior insolação e circulação de ar, e por minimizarem o contato entre
16 folhas e vagens com os restos culturais que permanecem na superfície do solo (Vieira
17 et al., 2010). Os genótipos CAL 96, VP-21, Ouro Branco e A 195, com alta
18 resistência fisiológica, são de hábito de crescimento tipo I ou tipo II (VP-21). Os
19 resultados em casa de vegetação indicaram que os genótipos CAL 96, Ouro Branco e
20 VP-21 possuem tanto resistência fisiológica parcial quanto características
21 morfológicas, que podem ser combinadas a fim de reduzir a doença em campo. No
22 entanto, esses genótipos apresentaram produtividade baixa no campo, e apresentaram
23 IMB variando de intermediário a alto em condições de alta severidade da doença.
24 Plantas do tipo III geralmente produzem mais que as do tipo II (Vieira et al., 2010),
25 pois têm maior capacidade de aproveitar os espaços, compensando baixa densidade
26 de plantio ou falhas no campo. Alguns genótipos de hábito de crescimento tipo I ou
27 II, apesar de apresentar porte ereto, podem ser altamente suscetíveis no campo
28 (Soule et al., 2011; Kelly et al., 1995; Kolkman e Kelly, 2003; Ender e Kelly 2005;
29 Ender et al., 2008; Kelly et al., 1994). Resultados do presente estudo confirmam que
30 experimentos de campo, em áreas com histórico de ocorrência do MB são
31 necessários para confirmar a resistência potencial dos genótipos de feijão, bem como
32 o seu potencial produtivo e sua reação a outros agentes patogênicos.

1 No campo, a alta intensidade da doença (2011 e 2013, ver Tabelas 3 e 5) fez
2 com que a correlação entre intensidade de MB e produtividade fosse moderada ou
3 alta, e negativa. Já em 2012 a razão da não significância da correlação entre MB e
4 produtividade nos dois locais foi a baixa intensidade da doença.

5 Os genótipos BRS Vereda e CNFC 10722 apresentaram baixa resistência
6 fisiológica em casa de vegetação. No entanto, mostraram ser boas fontes de
7 resistência parcial no campo, podendo ser explorados em programas de
8 melhoramento. Linhagens com resistência parcial ao MB podem requerer menos
9 aplicações de fungicidas do que cultivares atuais. A alta resistência parcial desses
10 genótipos no campo fez com que eles tivessem produtividade intermediária ou alta
11 em condições de alta IMB. A baixa produtividade de BRS Vereda em 2012 indica
12 que esse genótipo têm baixo potencial produtivo em ambientes sem pressão de MB.
13 A baixa resistência fisiológica apresentada por esses genótipos sugere que a
14 resistência está associada aos mecanismos de escape.

15 Os resultados sugerem que genótipos de hábito de crescimento tipo III, como
16 BRS Vereda, também podem ter altos níveis de resistência parcial no campo.
17 Estudos futuros são necessários para explicar a resistência parcial desse genótipo.
18 Além do porte do feijoeiro, outras características como altura de planta e porosidade
19 do dossel influenciam a intensidade da doença (Schwartz e Singh, 2013). Vários
20 genótipos de feijoeiro com resistência parcial ao MB no campo já foram relatados
21 (Schwartz e Steadman, 1994; Steadman et al, 2004; Otto Hansen e Steadman, 2006,
22 2007, 2008; Steadman et al., 2006; Singh et al., 2009).

23 A linhagem VC 17, com notas altas de severidade e comprimento de lesão em
24 casa de vegetação, e portanto baixa resistência fisiológica, teve baixa ou
25 intermediária IMB no campo. Este genótipo foi o único que ficou no grupo dos mais
26 produtivos em todos os ensaios produzindo cerca de 20% a mais que a cultivar Estilo
27 (a mais produtiva entre as cultivares). Segundo Miklas et al. (2013), para conseguir,
28 simultaneamente, resistência parcial ao MB baseada no escape, e cultivar com alto
29 potencial produtivo, os melhoristas deveriam fazer seleção em campo.

30 VC 17 é do tipo carioca (bege com rajadas marrons), classe de grãos mais
31 plantada no Brasil, correspondendo a 70% do feijão produzido, logo a prioridade de
32 lançamento de cultivares com resistência parcial ao MB é com essa classe de grãos.
33 VC 17 apresenta ciclo normal (de 85 a 90 dias, da emergência à maturação

1 fisiológica) e possui grãos de forma elíptica semi-cheia, sem brilho, semelhantes ao
2 Pérola, (cultivar mais plantada no Brasil) mas com cor dominante um pouco mais
3 clara (característica desejável). A massa média de 100 grãos da linhagem VC 17 é
4 semelhante à da cultivar Pérola (dados não apresentados). Essa linhagem com
5 produtividade superior e maior resistência parcial ao MB pode ser indicada em
6 substituição às cultivares já recomendadas em áreas sujeitas à ocorrência de MB.

7 Para o sucesso do desenvolvimento de cultivares de feijão, altos níveis de
8 resistência a MB devem ser combinados com alta produtividade e qualidade de
9 grãos, ampla adaptação a ambientes de produção, tipo de planta desejado, data de
10 colheita e resistência a outros estresses bióticos e abióticos. Portanto, a seleção para o
11 desempenho total da planta e melhoria simultânea de múltiplas características
12 agrônômicas se tornaram essenciais em programas de desenvolvimento de cultivares,
13 o que os diferencia de valorização de germoplasma ou programas de introgressão, em
14 que o melhoramento genético para um único traço (por exemplo, resistência a MB)
15 de cada vez é enfatizado (Schwartz e Singh, 2013).

16 Os resultados identificaram que BRS Vereda e CNFC 10722 são boas fontes
17 de resistência parcial no campo e podem ser úteis em programas de melhoramento
18 para resistência ao MB. A linhagem VC 17 com produtividade superior e maior
19 resistência parcial ao MB pode ser indicada em substituição às cultivares já
20 recomendadas para áreas sujeitas à ocorrência de MB.

21

22

5. CONCLUSÕES

23

24 Há genótipos oriundos dos programas de melhoramento de feijão com
25 resistência parcial ao MB. BRS Vereda e CNFC 10722 são boas fontes de resistência
26 parcial no campo e podem ser úteis em programas de melhoramento para resistência
27 ao MB. A linhagem do tipo carioca VC 17 produz bem em áreas com histórico de
28 MB, independentemente da intensidade da doença. Ensaio de campo foram
29 eficientes em selecionar genótipos produtivos e com resistência parcial ao MB. O
30 straw test, que avalia a resistência fisiológica, não prediz a resistência de campo dos
31 genótipos ao MB.

32

33

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1
2
- 3 Barbosa FR, Gonzaga ACO (2012) Informações técnicas para o cultivo do feijoeiro-
4 comum na Região Central-Brasileira: 2012-2014. Santo Antônio de Goiás: Embrapa
5 Arroz e Feijão, 247p.
- 6 Chung YS, Sass ME, Nienhuis J (2008) Validation of RAPD markers for white mold
7 resistance in two snap bean populations based on field and greenhouse evaluations.
8 *Crop Science* 48:2265–2273.
- 9 Companhia Nacional de Abastecimento (2013) Safra 2012/2013.
10 http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_11_08_12_38_56_boletim
11 [_portugues_outubro_2013.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_11_08_12_38_56_boletim). Acesso em novembro de 2013.
- 12 Ender M, Kelly JD (2005) Identification of QTL associated with white mold
13 resistance in common bean. *Crop Science* 45:2482–2490.
- 14 Ender MK, Terpstra KA, Kelly JD (2008) Marker-assisted selection for white mold
15 resistance in common bean. *Mol. Breeding*. 21:149–157.
- 16 Kelly JD, Hosfield GL, Varner GV, Uebersax MA, Afanador LK, Taylor J (1995)
17 Registration of ‘Newport’ navy bean. *Crop Science* 35:1710–1711.
- 18 Kelly JD, Hosfield GL, Varner GV, Uebersax MA, Haley SD, Taylor J (1994)
19 Registration of ‘Raven’ black bean. *Crop Science* 34:1406–1407.
- 20 Kolkman JM, Kelly JD (2002) Agronomic traits affecting resistance to white mold in
21 common bean. *Crop Science* 42:693-699.
- 22 Kolkman JM, Kelly JD (2003) QTL conferring resistance and avoidance to white
23 mold in common bean. *Crop Science* 43:539–548.
- 24 Miklas PN, Delorme R, Johnson WC, Gepts P (2001) QTL conditioning
25 physiological resistance and avoidance to white mold in dry bean. *Crop Science*
26 41:309–315.
- 27 Miklas PN, Porter LD, Kelly JD, Myers, JM (2013) Characterization of white mold
28 disease avoidance in common bean. *European Journal Plant Pathology* 135:525-543.
- 29 Mkwaila W, Terpstra KA, Ender M, Kelly JD (2011) Identification of QTL for
30 agronomic traits and resistance to white mold in wild and landrace germplasm of
31 common bean. *Plant Breeding* 130:665-672.

- 1 Otto-Hansen LK, Steadman JR (2006) Use of multi-sites to identify partial resistance
2 to *Sclerotinia sclerotiorum* in common bean over multiple years. Annual Report of
3 the Bean Improvement Cooperative 49:91-92.
- 4 Otto-Hansen LK, Steadman JR (2007) Identification of partial resistance to
5 *Sclerotinia sclerotiorum* in common bean at multiple locations in 2006. Annual
6 Report of the Bean Improvement Cooperative 50:133-134.
- 7 Otto-Hansen LK, Steadman JR (2008) Use of multi-site screening to identify partial
8 resistance to white mold in common bean in 2007. Annual Report of the Bean
9 Improvement Cooperative 51:214-215.
- 10 Pascual A, Campa A, Pérez-Vega E, Giraldez R, Miklas PN, Ferreira JJ (2010)
11 Screening Common Bean for Resistance to Four *Sclerotinia sclerotiorum* Isolates
12 Collected in Northern Spain. Plant Disease 94:885-890.
- 13 Paula Júnior TJ, Vieira RF, Lobo Júnior M, Morandi MAB, Carneiro JES, Zambolim
14 L (2006) Manejo integrado do mofo-branco do Feijoeiro. Viçosa MG. EPAMIG.
15 48p.
- 16 Petzoldt R, Dickson MH (1996) Straw test for resistance to white mold in beans.
17 Annual Report of the Bean Improvement Cooperative 39:142-143.
- 18 SAEG Sistema para Análises Estatísticas, Versão 9.1 (2007) Fundação Arthur
19 Bernardes - UFV - Viçosa.
- 20 Schwartz HF, Singh SP (2013) Breeding Common Bean for Resistance to White
21 Mold: A Review. Crop science 53: 1832-1844.
- 22 Schwartz HF, Steadman JR (1994) Moho Blanco. In: Pastor-Corrales MA, Schwartz
23 HF (Eds.) Problemas de producción del frijol en los trópicos. 2 ed. Cali: CIAT. pp.
24 245-267.
- 25 Singh SP, Terán H, Lema M, Schwartz HF, Miklas PN (2007) Registration of white
26 mold resistant dry bean germplasm line A 195. Journal of Plant Registrations 1:62-
27 63.
- 28 Singh SP, Terán H, Schwartz HF, Otto-Hansen LK, Lema M (2009) White mold-
29 resistant interspecific common vean germplasm lines VCW 54 and VCW 55. Journal
30 of Plant Registrations 3:191-197.

- 1 Soule M, Porter L, Medina J, Santana GP, Blair MW, Miklas PN (2011)
2 Comparative QTL map for white mold resistance in common bean, and
3 characterization of partial resistance in dry bean lines VA19 and 19365–31. *Crop*
4 *Science* 51:123–139.
- 5 Steadman JR, Otto-Hansen LK, Powers K (2004) Identification of partial resistance
6 to *Sclerotinia sclerotiorum* in common bean at multiple locations. *Annual Report of*
7 *the Bean Improvement Cooperative* 47:281-282.
- 8 Steadman JR, Otto-Hansen LK, Breathnach J (2006) Identification of partial
9 resistance to *Sclerotinia sclerotiorum* in common bean at multiple locations in 2005.
10 *Annual Report of the Bean Improvement Cooperative* 49:223-224.
- 11 Terán H, Lema M, Schwartz HF, Duncan R, Gilbertson R, Singh SP (2006) Modified
12 Petzoldt and Dickson scale for white mold rating of common bean. *Annual Report of*
13 *the Bean Improvement Cooperative* 49:115-116.
- 14 Vieira RF, Paula Júnior TJ, Teixeira H, Carneiro JES (2010) White mold
15 management in common bean by increasing within-row distance between plants.
16 *Plant Disease* 94:361-367.
- 17 Vieira RF, Paula Júnior TJ, Teixeira H, Carneiro JES, Cardoso RL, Queiroz MV,
18 Prado AL (2012) Lines from Brazilian dry bean breeding programs with white mold
19 resistance. *Annual Report of the Bean Improvement Cooperative* 55:155-156.
- 20 Vieira RF, Viera C, Pinto CMF, Rodrigues OL (2002) Comportamento de feijão do
21 tipo manteigão em Minas Gerais. *Revista Ceres* 49: 29-39.
- 22

CAPÍTULO 3

ADAPTAÇÃO E RESISTÊNCIA A DOENÇAS NO BRASIL DE FONTES DE RESISTÊNCIA AO MOFO-BRANCO EM FEIJÃO-COMUM

RESUMO

Programas de melhoramento de feijão para resistência ao mofo-branco (MB) ainda estão em seus estágios iniciais no Brasil. Fontes de resistência parcial ao MB estão disponíveis no exterior, mas o seu desempenho no Brasil ainda é desconhecido. Em três experimentos de campo e dois em casa de vegetação (straw test), avaliamos 23 linhagens com resistência parcial ao MB, duas cultivares brasileiras suscetíveis, duas linhagens brasileiras com resistência parcial no campo e duas linhagens do exterior suscetíveis. Cornell 605, A 195 e G122 mostraram altos níveis de resistência ao MB e resistência intermediária ou resistência à antracnose, mancha-angular e murcha-de-fusarium. Cornell 605 e A 195 apresentaram alto potencial produtivo, mas G122 produziu 87% menos do que as linhagens locais sob pressão do MB. Concluímos que Cornell 605 e A 195 são as fontes mais úteis de resistência ao MB e outras doenças para uso em programas de melhoramento de feijão no Brasil.

Palavras-chave: Phaseolus vulgaris; resistência genética; podridão de sclerotinia.

ABSTRACT

Common bean breeding programs for white mold (WM) resistance are still in their initial stages in Brazil. Sources of partial resistance to WM are available abroad, but their performance in Brazil is unknown. In three field and two greenhouse (straw test) experiments we evaluated a total of 23 lines with putative WM resistance, two susceptible local cultivars, two field-resistant local lines and two susceptible foreign lines in the State of Minas Gerais, Brazil. Cornell 605, A 195 and G122 showed high levels of WM resistance and intermediate resistance or resistance to anthracnose, angular leaf spot and fusarium wilt. Cornell 605 and A 195 showed high-yielding potential, but G122 yielded 87% less than the local lines under WM pressure. We conclude that Cornell 605 and A 195 are the most useful sources of resistance to WM and other diseases for use in common bean breeding programs in Brazil.

Key words: *Phaseolus vulgaris*, genetic resistance, sclerotinia stem rot.

1. INTRODUÇÃO

O mofo-branco (MB), causado pelo fungo *Sclerotinia sclerotiorum*, é a doença mais prejudicial ao feijoeiro na safra de outono-inverno. Duas aplicações de fungicidas para o controle do MB podem dobrar a produtividade do feijoeiro no Brasil (Vieira et al., 2010). No entanto, o alto custo desses insumos e seus efeitos deletérios ao ambiente e ao homem, têm motivado a procura de novas opções de manejo da doença (Paula Júnior et al., 2006; Vieira et al., 2012). Além das aplicações de fungicida, outras medidas como controle biológico, aração profunda, rotações a longo prazo com culturas não hospedeiras, menos irrigação e adubação nitrogenada (Schwartz e Singh, 2013), redução da população de plantas (Vieira et al., 2010) e resistência genética (Miklas et al., 2013; Schwartz e Singh, 2013) estão entre as mais importantes no controle dessa doença. A resistência genética é um componente chave no manejo do MB em feijoeiro porque é fácil de ser adotada pelos agricultores e é ambientalmente segura.

Não há nenhuma fonte de resistência completa ao MB em feijoeiro, mas genótipos com resistência parcial já estão disponíveis. Dois mecanismos podem estar envolvidos na resistência ao MB: resistência fisiológica e escape (Kolkman e Kelly, 2002). A resistência fisiológica está relacionada com a defesa da planta que inibe a propagação do agente patogênico nos tecidos vegetais (Pascual et al., 2010). Os mecanismos de escape limitam a infecção e reduzem o progresso da doença no campo. Genótipos com porte ereto, copa porosa, maturidade tardia e que mantém o caule verde contribuem para reduzir o progresso do MB (Miklas et al., 2013; Schwartz e Singh, 2013). A identificação de genótipos com resistência fisiológica ao MB tem sido realizada em casa de vegetação, com inoculação de *S. sclerotiorum* nos feijoeiros (Steadmann et al., 2004, 2006). O straw test é atualmente o método mais utilizado para detecção de resistência fisiológica em feijoeiro em todo o mundo (Schwartz e Singh, 2013). No campo é difícil discriminar os efeitos da resistência fisiológica e dos mecanismos de escape, pois ambos estão interligados. Além disso muitas vezes há dificuldades de se obter áreas uniformemente infectadas com o patógeno para permitir a adequada avaliação da resistência (Schwartz e Singh, 2013).

A busca por fontes de resistência ao MB em feijoeiro estão apenas começando no Brasil. Em outros países no entanto, genótipos com resistência parcial

1 ao MB já foram registrados (Griffiths, 2009; Miklas et al., 2014; Miklas et al., 2013;
2 Pascual et al., 2010; Schwartz e Singh, 2013; Singh et al., 2007). Estes genótipos
3 podem ser úteis para os programas de melhoramento de feijão no Brasil. No entanto
4 não há informações disponíveis sobre o desempenho destes genótipos no Brasil.
5 Assim o objetivo do trabalho foi avaliar linhagens da redes de ensaios "Bean White
6 Mold Nursery" no Estado de Minas Gerais sob pressão de MB e outras doenças
7 locais, com o objetivo de selecionar linhagens resistentes ao MB e outras doenças
8 importantes associados com alta produtividade.

9

10 **2. MATERIAL E MÉTODOS**

11

12 **2.1. Avaliação da resistência fisiológica de feijoeiros ao mofo-branco**

13

14 Dois experimentos foram realizados para avaliar a resistência fisiológica de
15 linhagens da redes de ensaios "Bean White Mold Nursery" a *S. sclerotiorum*.
16 Sementes dessas linhagens foram fornecidas pelo Sr.^a McCoy (Universidade de
17 Nebraska, EUA). O primeiro experimento foi realizado em 2010, com 20 fontes de
18 resistência parcial ao MB e duas testemunhas suscetíveis; Beril (Griffiths, 2009) e
19 Orion (Miklas et al., 2013). O segundo experimento foi realizado em 2012,
20 adicionando três fontes de resistência parcial ao MB e quatro genótipos brasileiros.
21 Os genótipos brasileiros utilizados são da classe de grãos tipo carioca: linhagens
22 CNFC 9500 e CNFC 10720 e as cultivares BRSMG Majestoso e BRSMG
23 Madrepérola. As linhagens brasileiras são do tipo II, hábito de crescimento
24 indeterminado e porte ereto, e possuem resistência parcial ao MB no campo. As
25 cultivares são do tipo III, hábito de crescimento indeterminado e prostrado e estão
26 entre as mais suscetíveis ao MB no campo (Vieira et al., 2012).

27 Escleródios foram coletadas de plantas de feijão com sintomas de MB em
28 Oratórios, MG (492 m de altitude; 20°25'5" S de latitude; e 42°47'28" W). A partir
29 desses escleródios, um foi selecionado aleatoriamente. A superfície deste escleródio
30 foi colocado durante 1 minuto em etanol a 70%, seguido por 3 minutos em
31 hipoclorito de sódio a 1%. Em seguida o escleródio foi enxaguado duas vezes em
32 água destilada estéril e transferido para uma placa de Petri de 9 centímetros de

1 diâmetro, contendo 20 ml de BDA (batata, dextrose, ágar) e 100 mg/L de
2 clorafenicol. Esta placa foi mantida a 23°C no escuro.

3 No primeiro experimento, vasos de 5L foram preenchidos com terra, areia e
4 esterco (3:1:1). No segundo, vasos de 3L foram preenchidos com substrato comercial
5 Tropstrato HT. Cinco sementes foram semeadas por vaso, e cinco dias após a
6 emergência foi realizado o desbaste deixando três plantas por vaso. Utilizou-se o
7 delineamento inteiramente casualizado, com três repetições. Cada repetição constou
8 de um vaso com três plantas. A temperatura da casa de vegetação variou de 15°C a
9 26°C, no primeiro experimento, e de 18°C a 29°C no segundo. O sistema de
10 irrigação manteve o ambiente da casa de vegetação com umidade relativa superior a
11 80%.

12 Vinte e três dias após a emergência a haste principal de cada planta foi
13 cortada 2,5 centímetros acima do quarto nó e foi realizada a inoculação do fungo
14 usando um disco de micélio em BDA, incluso em uma seção de ponteira plástica de
15 1000 µL, para haver contato entre o fungo e o tecido vegetal. Aos 7 e 14 dias após a
16 inoculação (DAI) foi avaliado a severidade dos sintomas da infecção de *S.*
17 *sclerotiorum*, utilizando-se a escala de notas adaptada de Terán et al. (2006), em que:
18 1 = plantas sem sintomas; 2 = invasão do fungo além do sítio de inoculação; 3 =
19 invasão do fungo próximo ao primeiro nó; 4 = invasão do fungo até o primeiro nó; 5
20 = invasão do fungo além do primeiro nó; 6 = invasão do fungo próximo ao segundo
21 nó; 7 = invasão do fungo até o segundo nó; 8 = invasão do fungo além do segundo
22 nó; e 9 = morte da planta. No segundo experimento, também foi avaliado o
23 comprimento de lesão, em cm, aos 7 e 14 DAI.

24

25 2.2. Avaliação da resistência de feijoeiros ao mofo-branco em campo

26

27 Três experimentos foram realizados durante a safra de outono-inverno no ano
28 de 2010, em três regiões da Zona da Mata, MG: Coimbra (experimento I), Oratórios
29 (experimento II) e Viçosa (experimento III). Os experimentos I (20°49'45"S,
30 42°45'47" W) e III (20° 45'28"S, 42°49'26" W) foram realizados nas estações
31 experimentais da Universidade Federal de Viçosa a 717 e 657 m de altitude,
32 respectivamente. O experimento II (20°24'14 "S, 42°49'10" W) foi realizado na
33 fazenda experimental do Vale do Piranga, em Oratórios, MG, a 486 m de altitude. Os

1 solos dessas áreas são classificados como Argisolo Vermelho-Amarelo com 1% de
2 inclinação. As áreas são naturalmente e uniformemente infestadas com escleródios.

3 Com exceção de Beryl, Cornell 603, NE1-06-12, NE1-07-12, NE2-06-8 e
4 Roma II, que não produziram sementes suficientes, os genótipos incluídos nos
5 experimentos em casa de vegetação foram incluídos nos experimentos de campo.
6 Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados com quatro repetições. Cada
7 parcela experimental foi composta de duas fileiras de 2 m de comprimento espaçadas
8 de 0,5 m. A densidade de plantas utilizada foi de 15 sementes/m. A cultivar BRSMG
9 Madrepérola foi utilizada como bordadura externa dos experimentos.

10 Aproximadamente três semanas antes da semeadura foi aplicado glifosato, na
11 dose de 2 L/ha, sobre as plantas daninhas presentes na área. Entre dois e cinco dias
12 antes da semeadura, preparou-se o solo com arado e grade niveladora. A semeadura
13 foi realizada de forma manual. No estágio V3 (primeira folha trifoliolada), foi
14 realizado o desbaste para 10 plantas/m. Na adubação de plantio, foram empregados
15 350 kg/ha da formulação comercial 8-28-16 (N-P₂O₅-K₂O). Em cobertura, no
16 estágio V4 (terceira folha trifoliolada), foram distribuídos em filete ao lado das
17 plantas 150 kg/ha de uréia e as plantas foram pulverizadas com uma solução de
18 molibdato de sódio (0,06 kg/ha de molibidênio). Neste estágio a maioria das plantas
19 daninhas foram controladas com uma mistura comercial de fomesafen (0,25 kg/ha) e
20 fluazifop (0,20 kg/ha). Para o controle de tiririca (*Cyperus rotundus*) e trevo (*Oxalis*
21 *latifolia*), foi realizada uma capina manual entre as linhas das parcelas nos estágios
22 V3 e V4. O controle de pragas, especialmente o da cigarrinha-verde (*Empoasca*
23 *kraemeri*), foi realizado com deltametrina (Decis 50 SC), na dose de 0,08 kg/ha ou
24 metamidofós (Tamaron SL), na dose de 0,4 kg/ha. Fungicida não foi utilizado. A
25 irrigação foi fornecida em intervalos de dois dias da semeadura até a emergência das
26 plântulas. Desde a emergência das plântulas até a floração, a irrigação foi realizada
27 uma vez por semana, com pelo menos 40 mm de água. Do florescimento até a
28 maturidade da planta a irrigação foi feita duas vezes por semana (30 mm), para
29 favorecer o desenvolvimento da doença.

30 A intensidade do MB foi avaliada quando a maioria das plantas haviam
31 atingido a maturidade fisiológica, com notas de 1 a 9 (Miklas et al., 2001): 1 =
32 plantas saudias, 2 = 1 a 20% de plantas doentes e/ou 1 a 5 % de tecidos infectados, 3 =
33 20 a 30% de plantas doentes e/ou 5 a 10 % de tecidos infectados, 4 = 30 a 40% de

1 plantas doentes e/ou 10 a 20 % de tecidos infectados, 5 = 40 a 50% de plantas
2 doentes e/ou 20 a 30 % de tecidos infectados, 6 = 50 a 60% de plantas doentes e/ou
3 30 a 40 % de tecidos infectados, 7 = 60 a 70% de plantas doentes e/ou 40 a 50 % de
4 tecidos infectados, 8 = 70 a 80% de plantas doentes e/ou 50 a 60 % de tecidos
5 infectados, e 9 = 80 a 100% de plantas doentes e/ou 60 a 100 % de tecidos
6 infectados. A severidade de antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) e mancha-
7 angular (*Pseudocercospora griseola*) foram avaliados em R7 (início da formação de
8 vagens) ou R8 (enchimento de vagens), utilizando uma escala de notas adaptada de
9 van Schoonhoven e Pastor-Corrales (1987): 1 = sem sintomas visíveis; 3 = baixo; 5 =
10 moderado; 7 = severo; 9 = muito severo. Para a consideração geral, genótipos com
11 notas de 1,0 a 3,0 foram considerados resistentes; de 3,1-6,0, intermediários; e de 6,1
12 a 9,0, susceptíveis. Esta escala também foi utilizada para avaliação de murcha-de-
13 fusarium (*Fusarium oxysporum*). Após a trilha e beneficiamento das sementes, estas
14 foram pesadas. A produtividade de grãos foi determinada, fazendo a correção do teor
15 de água para 14%.

16

17 2.3. Análises estatísticas

18

19 Os dados foram submetidos à análise de variância, e as médias foram
20 comparadas pelo teste de LSD a 5% de probabilidade. Correlações de Pearson foram
21 realizadas para determinar a relação entre produtividade e intensidade do MB no
22 campo, e entre intensidade do MB no campo e severidade da doença em casa de
23 vegetação aos 7 e 14 DAI. Foi utilizado o programa SAEG (Sistema para Análises
24 Estatísticas, 2007).

25

26

27

28

29

30

31

32

33

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33

3. RESULTADOS

3.1. Resistência fisiológica de genótipos de feijão ao mofo-branco

Os genótipos diferiram significativamente ($p < 0,001$) para a severidade do MB e comprimento de lesão. A 195, 11A-39, Cornell 603, G122 e Cornell 605 apresentaram maior resistência fisiológica à doença enquanto que NE2-06-08, Beryl, NE1-06-12, Stampede, Eclipse, Orion e NE1-07-2 apresentaram maior suscetibilidade (Tabela 1). Entre os genótipos brasileiros, CNFC 9500 apresentou as menores médias de severidade e comprimento de lesão.

1
2
3
4
5

Tabela 1. Resistência fisiológica de genótipos de feijoeiro. Avaliação da severidade e comprimento de lesão (CL) feita em casa de vegetação aos 7 e 14 dias após a inoculação (DAI). Viçosa, Minas Gerais, 2010 e 2012.

Genótipos ^a	2010		2012			
	Severidade ^b		Severidade ^b		CL (cm)	
	7 DAI	14 DAI	7 DAI	14 DAI	7 DAI	14 DAI
A 195	4,2 (02)	4,7 (03)	3,3 (01)	3,3 (01)	2,8 (01)	2,9 (01)
11A-39	2,9 (01)	3,3 (01)	3,7 (03)	4,7 (05)	3,8 (03)	4,2 (06)
Cornell 603	4,5 (03)	4,6 (02)	4,1 (05)	4,4 (03)	4,1 (06)	4,2 (05)
G122	4,9 (04)	6,1 (10)	3,8 (04)	4,6 (04)	4,0 (05)	4,0 (04)
WM31	6,0 (14)	6,8 (14)	5,2 (08)	5,7 (06)	3,8 (04)	3,9 (03)
NE2-07-10	5,0 (06)	5,4 (04)	5,6 (12)	5,9 (08)	5,7 (11)	5,8 (08)
Ex Rico 23	5,7 (09)	5,8 (05)	5,7 (13)	6,2 (09)	5,3 (08)	5,6 (07)
37-2	4,9 (05)	5,9 (07)	5,6 (09)	6,3 (10)	5,8 (12)	7,5 (13)
Avalanche	5,9 (13)	6,0 (08)	5,6 (11)	5,8 (07)	6,0 (13)	6,3 (11)
29C-6	5,9 (11)	6,9 (15)	5,2 (07)	6,4 (14)	5,2 (07)	6,0 (10)
Tapia	5,0 (07)	5,8 (06)	4,8 (06)	6,3 (13)	6,0 (14)	8,6 (19)
38-4	5,9 (12)	6,5 (11)	5,6 (10)	6,3 (11)	5,7 (10)	7,8 (14)
B07104	6,5 (19)	7,0 (16)	6,0 (14)	6,3 (12)	6,2 (15)	6,4 (12)
P07863	6,4 (18)	6,8 (13)	7,1 (20)	7,3 (17)	7,9 (21)	7,9 (15)
Roma II	5,2 (08)	6,0 (09)	6,2 (17)	8,1 (22)	9,0 (24)	14,8 (26)
NE1-07-12	6,4 (17)	7,4 (17)	6,1 (15)	7,3 (18)	7,2 (18)	11,6 (22)
NE2-06-8	7,7 (21)	8,1 (21)	6,9 (19)	8,1 (21)	8,5 (23)	10,5 (21)
Beryl	5,7 (10)	6,8 (12)	7,7 (24)	8,9 (28)	11,9 (28)	18,7 (29)
NE1-06-12	6,1 (15)	7,9 (19)	7,4 (22)	8,7 (25)	10,7 (27)	17,8 (28)
Stampede	6,3 (16)	7,7 (18)	8,6 (29)	8,7 (27)	8,4 (22)	13,2 (24)
Eclipse	7,9 (22)	8,1 (20)	7,9 (25)	8,4 (24)	10,3 (26)	11,6 (23)
Orion	7,2 (20)	8,1 (22)	8,1 (27)	8,7 (26)	9,4 (25)	14,1 (25)
Cornell 605	=	=	3,4 (02)	3,9 (02)	3,7 (02)	3,9 (02)
CNFC 9500	-	-	6,1 (16)	6,6 (15)	5,3 (09)	5,9 (09)
Majestoso	-	-	6,4 (18)	7,2 (16)	7,4 (19)	8,3 (18)
CNFC 10720	-	-	7,6 (23)	7,9 (19)	6,4 (16)	8,0 (16)
Lariat	-	-	7,4 (21)	8,0 (20)	7,6 (20)	8,9 (20)
Madrepérola	-	-	7,9 (26)	8,1 (23)	7,1 (17)	8,1 (17)
NE1-07-2	-	-	8,3 (28)	9,0 (29)	13,4 (29)	16,3 (27)
LSD ^c (0,05)	2,92	3,45	3,34	3,31	5,15	9,79

6 ^a Genótipos são listados em ordem de soma de rankings, que são mostrados entre parênteses após
7 severidade e comprimento da lesão. Beryl e Orion são testemunhas suscetíveis estrangeiras.
8 Majestoso, Madrepérola, CNFC 9500 e CNFC 10720 são genótipos brasileiros.
9 ^b 1 = sem sintoma; 9 = morte da planta.
10 ^c Diferença mínima significativa.
11
12
13

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17

3.2. Resistência de campo de genótipos de feijão ao mofo-branco

A intensidade de MB foi baixa no experimento I (Coimbra). Os genótipos variaram de suscetíveis a resistente quanto à murcha-de-fusarium (Tabela 2). As cultivares brasileiras Majestoso e Madrepérola, bem como as os genótipos estrangeiros WM31, G122 e Tapia foram resistentes a esta doença. Estes genótipos ficaram entre os de maior produtividade no experimento I. Os genótipos estrangeiros A 195, P07863, Cornell 605 e a linhagem brasileira CNFC 10720, que apresentaram resistência intermediária à murcha-de-fusarium, também ficaram entre os genótipos de maior produtividade. Sete genótipos estrangeiros foram suscetíveis à murcha-de-fusarium e ficaram entre os menos produtivos no experimento I (Tabela 2).

Tabela 2. Severidade de murcha-de-fusarium (MF), antracnose (ANT), mancha-angular (MA) e mofo-branco (MB) e produtividade (PROD) média em três experimentos de campo.

Genótipos	MF ^{a,b}	PROD ^b (kg/ha)	ANT ^{a,c}	MA ^{a,c}	MB ^{d,e}	PROD ^e (kg ha ⁻¹)
Majestoso	R	3734	R	I	6,08 (23)	2957 (04)
A 195	I	3326	R	R	2,58 (04)	3038 (03)
P07863	I	3178	I	I	3,92 (10)	2866 (05)
Madrepérola	R	2939	R	I	5,83 (22)	2704 (06)
Cornell 605	I	2934	R	I	2,33 (02)	2675 (07)
CNFC 10720	I	2764	R	I	4,33 (14)	3583 (01)
WM31	R	2196	R	I	4,00 (11)	1560 (16)
CNFC 9500	I	2032	R	R	4,25 (13)	3309 (02)
37-2	I	1930	I	I	3,75 (09)	2409 (09)
Stampede	I	1777	I	I	4,25 (12)	1361 (19)
G122	R	1701	R	R	1,60 (01)	1840 (12)
Lariat	I	1639	I	I	4,50 (15)	2157 (10)
NE2-07-10	I	1609	I	I	2,67 (05)	1645 (14)
Ex Rico 23	I	1554	I	I	3,50 (08)	2142 (11)
29C-6	I	1426	R	I	5,33 (20)	1637 (15)
B07104	S	1425	I	S	5,17 (19)	2623 (08)
38-4	S	1047	I	I	3,00 (06)	1537 (17)
NE1-07-2	S	881	I	I	4,50 (16)	1064 (21)
Tapia	R	710	R	I	5,67 (21)	1681 (13)
Avalanche	S	425	I	I	4,83 (18)	1486 (18)
Orion	S	310	S	I	4,50 (17)	1041 (22)
Eclipse	S	307	S	R	3,00 (07)	1837 (13)
11A-39	S	178	S	I	2,42 (03)	1104 (20)
LSD ^f (0.05)	-	1538	-	-	3,02	1239

18 ^a R = Resistente (valores entre 1.0 e 3.0); I = Intermediário (3.1 a 6.0); S = suscetível (6.1 a 9.0).

1 ^b Experimento I (Coimbra, Minas Gerais).
2 ^c Considerando as maiores notas obtidas nos três experimentos de campo
3 ^d Intensidade: 1 = sem sintomas, 9 = 80-100% de plantas doentes e ou 60-100% de tecidos infectados.
4 Rankings são mostrados entre parênteses.
5 ^e Análise combinada a partir dos experimentos II e III (Oratórios e Viçosa, Minas Gerais). Rankings
6 são mostrados entre parênteses.
7 ^f Diferença mínima significativa.

8
9 Os genótipos variaram de suscetíveis à resistente quanto à antracnose e
10 mancha-angular (Tabela 2). Os genótipos brasileiros e os genótipos estrangeiros, A
11 195, Cornell 605, WM31, G122, 29C-6 e Tapia, foram resistentes à antracnose.
12 Orion, Eclipse e 11A-39 foram suscetíveis à esta doença e ficaram entre os genótipos
13 com menor produtividade. Orion e 11A-39 também ficaram entre os genótipos com
14 menor produtividade na análise conjunta dos experimentos II e III (Oratórios e
15 Viçosa). B07104 foi o único genótipo suscetível à mancha angular, enquanto A 195,
16 CNFC 9500, G122 e Eclipse foram resistentes.

17 Sete genótipos (A 195, Cornell 605, G122, NE2-07-10, 38-4, Eclipse e 11A-
18 39) ficaram entre os mais resistentes ao MB no campo (valores $\leq 3,0$) (Tabela 2).
19 Destes, apenas A 195 e Cornell 605 estavam entre os genótipos mais produtivos nos
20 três experimentos. As linhagens brasileiras CNFC 10720 e CNFC 9500 (possuem
21 resistência parcial ao MB no campo) apresentaram intensidade média de MB 39%
22 menor e produtividade média 22% superior aos das cultivares brasileiras Majestoso e
23 Madrepérola (suscetíveis ao MB em campo), mas as diferenças entre as mesmas não
24 foram significativas na análise conjunta dos experimentos II e III.

25 A correlação entre a produtividade e a intensidade do MB da análise conjunta
26 dos experimentos II e III ($r = 0,12$) não foi significativa. As correlações entre a
27 intensidade MB no campo dos experimentos II e III e a severidade do MB nos dois
28 experimentos em casa de vegetação em 7 DAI ($r = 0,44$, $p = 0,032$) e 14 DAI ($r =$
29 $0,51$, $p = 0,014$) foram significativas.

30

31

4. DISCUSSÃO

32

33 Identificar e utilizar fontes de resistência ao MB baseado no germoplasma
34 disponível no Brasil e no exterior são passos fundamentais no desenvolvimento de
35 um programa de melhoramento genético bem sucedido. Em dois experimentos em
36 casa de vegetação e três experimentos de campo conduzidos em três locais da região
37 da Zona da Mata de MG foram avaliados 23 genótipos estrangeiros, com o objetivo

1 de selecionar genótipos com resistência ao MB e outras doenças, associadas com alto
2 potencial produtivo. Descobrimos que Cornell 605, A 195, e G122 têm os mais altos
3 níveis de resistência ao MB, associado com resistência intermediária à antracnose,
4 mancha-angular e murcha-de-fusarium. No campo, G122 apresentou níveis mais
5 elevados de resistência à murcha-de-fusarium que Cornell 605 e A 195. Estes três
6 genótipos apresentaram níveis mais elevados de resistência ao MB do que o genótipo
7 brasileiro CNFC 10720, que possui resistência parcial a doença em condições de
8 campo (Vieira et al., 2012) . No entanto, G122 produziu 87% menos do que os
9 genótipos brasileiros sob pressão da doença, enquanto que as produtividades de
10 Cornell 605 e A 195 não diferiram significativamente dos genótipos brasileiros,
11 independentemente da pressão do MB (Tabela 2).

12 A 195, Cornell 605 e G122 são de origem andina e são do tipo I, hábito de
13 crescimento determinado e porte ereto. Em geral, os genótipos andinos possuem
14 níveis relativamente mais elevados de resistência fisiológica ao MB do que genótipos
15 de origem mesoamericana (Schwartz e Singh, 2013). Além disso, cultivares tipo I
16 geralmente têm uma maior resistência ao MB em campo (mecanismo de escape) do
17 que genótipos com características de plantas semelhantes às das cultivares brasileiras
18 Madrepérola e Majestoso. Essas cultivares têm hábito de crescimento indeterminado
19 e são prostradas (tipo III), o que restringe a penetração luz solar e circulação do ar no
20 dossel da planta, favorecendo o desenvolvimento do MB. Plantas do tipo I
21 minimizam o contato entre as plantas dentro e entre fileiras, entre folhas e tecidos
22 remanescentes na superfície do solo (Vieira et al., 2010) e geram menos flores
23 senescentes (Miklas et al, 2013) do que as plantas de genótipos com hábito de
24 crescimento indeterminado. No entanto, nem todos os genótipos do tipo I possuem
25 resistência parcial ao MB, alguns são altamente suscetíveis (Schwartz e Singh,
26 2013). Uma desvantagem de grãos andinos é que seu potencial de produção é inferior
27 aos genótipos mesoamericanos de feijoeiro comum (Miklas et al, 2013). Neste estudo
28 no entanto, Cornell 605 e A 195 apresentaram potencial produtivo semelhante às
29 cultivares brasileiras (tipo III) e linhagens (tipo II), mesmo quando a pressão do MB
30 foi baixa (Tabela 2).

31 A 195 é uma linhagem de semente grande, bege e opaca desenvolvidas por
32 Singh et al. (2007) na Colômbia. Esta linhagem é derivada do híbrido simples entre
33 Red Kloud e ICA 10009 seguido por uma combinação de métodos de melhoramento.

1 Nossos resultados no Brasil confirmam a resistência parcial ao MB da linhagem A
2 195, relatada nos EUA (Genchev e Kiryakov, 2002; Singh et al., 2007; Terán e
3 Singh, 2009a; Terán e Singh, 2009b, Terán e Singh, 2010a; Terán e Singh, 2010b;
4 Viteri e Singh, 2014) e Espanha (Pascual et al., 2010; Pérez-Vega et al., 2012).
5 Descobrimos também que A 195 tem alto potencial produtivo, em parte, porque
6 exhibe resistência intermediária à murcha-de-fusarium e a mancha-angular. A
7 resistência desta linhagem à mancha angular, uma doença grave no Brasil, é
8 confirmada por Viteri e Singh (2014). A 195 também possui o gene I para resistência
9 a todas as estirpes do vírus do mosaico comum (BCMV) e nível moderado de
10 resistência ao calor e à seca (Singh et al., 2007). Nos EUA, os métodos de seleção de
11 gametas foram eficazes para melhorar a resistência ao MB em feijoeiro utilizado A
12 195 como pai doador (Terán e Singh, 2009; Terán e Singh, 2010). Como o controle
13 genético da resistência ao MB nesta linhagem é monogênica, dominante no campo e
14 recessivo na estufa (Genchev e Kiryakov, 2002), a introgressão de genes de
15 resistência de A 195, utilizando métodos de melhoramento de retrocruzamento ou
16 seleção assistida por marcadores moleculares também seriam boas alternativas para
17 um programas de melhoramento.

18 Cornell 605 é uma linhagem que foi desenvolvida através da seleção em
19 experimentos em casa de vegetação e foi avaliada em vários locais em ensaios de
20 casa de vegetação e campo. Os detalhes do processo podem ser encontrados em
21 Griffiths (2009). No presente estudo Cornell 605 apresentou altos níveis de
22 resistência ao MB e alto potencial produtivo. Esta linhagem também apresentou
23 resistência intermediária à mancha-angular e a murcha-de-fusarium. Cornell 603
24 também apresentou altos níveis de resistência fisiológica ao MB. No entanto esta
25 linhagem exibiu baixa adaptação local, porque durante a multiplicação de sementes
26 em casa de vegetação Cornell 603 produziu seis vezes menos sementes do que
27 Cornell 605.

28 Para se obter sucesso no desenvolvimento de uma cultivar de feijoeiro, altos
29 níveis de resistência parcial ao MB deve ser combinada com alta produtividade de
30 grãos e ampla adaptação aos vários ambientes de produção (Schwartz e Singh, 2013).
31 Neste estudo, além de sua resistência parcial ao MB, A 195 e Cornell 605
32 apresentaram alto potencial produtivo e bons níveis de resistência a outras doenças

1 comuns no Brasil. Estas características tornam estas linhagens boas candidatas para
2 uso em programas de melhoramento no Brasil.

3 G122 é fonte conhecida de resistência ao MB no exterior (Griffiths, 2009;
4 Kelly et al., 2012; Miklas et al., 2014; Pascual et al., 2010, Pérez-Vega et al., 2012;
5 Singh et al., 2014; Viteri e Singh, 2014). No presente estudo G122 apresentou altos
6 níveis de resistência ao MB mas seu potencial produtivo foi menor do que a
7 linhagem A 195. Recentemente, G122 foi usado como pai doador em um programa
8 de melhoramento de retrocruzamento com cultivares de feijão comerciais no Brasil
9 (Carvalho et al., 2013). Esses autores obtiveram duas progênies com altos níveis de
10 resistência fisiológica ao MB mas o potencial produtivo dessas progênies não foi
11 avaliada. Nossos resultados indicam que G122 também pode ser uma fonte útil de
12 resistência à murcha-de-fusarium, antracnose e mancha-angular. Além disso, G122 é
13 resistente ao nanismo, deformação e clorose foliar causados pelo vírus do mosaico
14 dourado (BGMV) e vírus do mosaico dourado amarelo do feijoeiro (BGYMV)
15 (Singh e Schwartz, 2010). G122 também é resistente ao Beet curly top virus
16 (BCTV), mas é suscetível a vírus do mosaico comum (BCMV) (Viteri e Singh,
17 2014). Assim G122 poderia ser uma fonte de resistência a várias doenças em
18 programas de melhoramento de feijão e merece mais atenção.

19 A linhagem 11A-39 ficou entre os genótipos mais resistentes ao MB em casa
20 de vegetação (Tabela 1) e no campo (Tabela 2), confirmando estudos anteriores
21 (McCoy e Steadman, 2009; Otto-Hansen e Steadman, 2008). Aqui, no entanto, 11A-
22 39 produziu pouco, em parte devido à sua suscetibilidade à murcha-de-fusarium e
23 antracnose (Tabela 2). NE2-07-10 e WM31 apresentaram resistência fisiológica
24 moderada ao MB (Tabela 1). NE2-07-10 mostrou altos níveis de resistência ao MB
25 no campo mas o seu potencial produtivo foi menor do que a linhagem A 195 (Tabela
26 2). WM31 apresentou resistência a murcha-de-fusarium e antracnose em campo, mas
27 o nível de resistência ao MB foi semelhante aos das linhagens brasileiras. Além
28 disso, WM31 produziu menos do que as linhagens brasileiras, sob pressão do MB
29 (Tabela 2). Ex Rico 23 foi usado como testemunha para a resistência parcial ao MB
30 em estudos em casa de vegetação e no campo (McCoy et al., 2011). Neste estudo, Ex
31 Rico 23 confirma a sua resistência parcial ao MB em casa de vegetação (Tabela 1) e
32 no campo (Tabela 2). No campo, Ex Rico 23 apresentou resistência intermediária à
33 murcha-de-fusarium, antracnose e mancha-angular e produziu menos do que a

1 linhagem A 195 quando não houve pressão do MB (Tabela 2). Assim estas quatro
2 linhagens parecem menos interessante para os programas de melhoramento de feijão
3 no Brasil do que Cornell 605 e A 195.

4 As linhagens P07863 e 37-2 foram recentemente lançadas nos Estados
5 Unidos como cultivares de feijão pinto Eldorado e USPT-WM-12, respectivamente.
6 Eldorado apresenta níveis moderados de resistência fisiológica para MB além de
7 mecanismos de escape (Kelly et al., 2012), e USPT-WM-12 possui resistência
8 parcial ao MB (Miklas et al., 2014). Em nosso estudo, no entanto, as resistências
9 fisiológicas e de campo destas cultivares ao MB foram semelhantes ao da linhagem
10 CNFC 9500. Esta linhagem brasileira apresentou níveis mais elevados de resistência
11 à antracnose e mancha-angular do que essas duas linhagens estrangeiras. Portanto
12 P07863 e 37-2 não apresentaram vantagens sobre CNFC 9500 para despertar o
13 interesse dos programas de melhoramento no Brasil.

14 Orion (Miklas et al., 2013) e Beryl (Griffiths, 2009; Kelly et al., 2012; Miklas
15 et al., 2013) são utilizados nos EUA como testemunhas suscetíveis. Eles também
16 mostraram alta suscetibilidade ao MB no Brasil. Orion foi suscetível à murcha-de-
17 fusarium e antracnose no campo e produziu pouco nos três experimentos de campo.
18 Beryl não foi testado no campo porque as sementes produzidas foram insuficientes, o
19 que indica baixa adaptação de Beryl para as condições brasileiras. Devido à falta de
20 uma testemunha suscetível ao MB para utilizar no straw test no Brasil, Beryl ou
21 Orion podem ser bons candidatos para este propósito. A utilização de sementes livres
22 de agentes patogênicos destes genótipos é necessário para evitar problemas com
23 doenças durante o teste.

24 A falta de correlação significativa ($r = 0,12$) entre a produtividade e a
25 intensidade do MB da análise conjunta dos experimentos II e III (Oratórios e Viçosa)
26 é provavelmente devido a pelo menos dois fatores. Em primeiro lugar, a pressão da
27 doença não era alta o suficiente nos dois experimentos para causar perdas
28 significativas de produtividade. Em segundo lugar, muitas linhagens eram muito
29 suscetíveis a outras doenças, o que reduziu a produtividade mais do que o próprio
30 MB. Foram encontradas correlações significativas e moderadas ($r = 0,44$ ou $0,51$)
31 entre a severidade do MB no straw test e a intensidade do MB no campo. Níveis
32 inferiores ou similares de correlação entre avaliações em casa de vegetação e
33 avaliações de campo em feijoeiro foram obtidos em outros estudos (Chung et al.,

1 2008; Park et al., 2001; Soule et al., 2011). Esta correlação baixa a moderada ocorre,
2 em parte, porque o straw test leva em consideração apenas a resistência fisiológica,
3 que está relacionada com os mecanismos de defesa da planta, (Pascual et al., 2010),
4 enquanto que no campo a resistência do feijoeiro ao MB está associada a fatores
5 morfológicos (Kolkman e Kelly, 2002). Estes níveis de correlação mostram a
6 importância do uso de testes de campo para caracterizar completamente resistência
7 parcial em populações segregantes (Soule et al., 2011).

8 No Brasil, poucos estudos têm abordado a questão do uso de germoplasma
9 para melhorar a resistência de feijoeiro comum ao MB (Carvalho et al., 2013; Souza
10 et al., 2014; Vieira et al., 2012). Dentro desses estudos apenas Vieira et al. (2012)
11 conduziram experimentos em campo naturalmente infestado de escleródios. Estes
12 autores selecionaram fontes de resistência ao MB usando linhagens de feijoeiro
13 avançadas de programas de melhoramento no Brasil. Eles descobriram que CNFC
14 10720 (Tipo II) estava entre as linhagens mais resistentes, e produziu mais do que a
15 cultivar Majestoso, tipo III (2593 versus 1337 kg/ha). No experimento I (Coimbra),
16 Majestoso produziu 35% a mais do que CNFC 10720. No entanto, sob pressão
17 moderada de MB (experimentos II e III), ocorreu o contrário: CNFC 10720 produziu
18 21% mais do que Majestoso. Ambos os genótipos brasileiros apresentaram baixa
19 resistência fisiológica no presente estudo (Tabela 1). O presente estudo e o estudo de
20 Vieira et al. (2012) indicam que a avaliação no campo é importante para melhorar a
21 resistência do feijoeiro ao MB.

22 Os nossos resultados sugerem que as linhagens Cornell 605 e A 195 tem altos
23 níveis de resistência ao MB no Brasil associada à alta produção de sementes e de
24 resistência ou resistência intermediária a outras doenças comuns no Brasil. G122 tem
25 potencial produtivo mais baixo do que A195. Mesmo assim G122 merece atenção em
26 estudos futuros, uma vez que apresenta altos níveis de resistência parcial ao MB
27 associada a altos níveis de resistência a outras doenças.

28

29

30

31

32

33

5. CONCLUSÕES

As linhagens Cornell 605 e A 195 tem altos níveis de resistência ao MB no Brasil associada à alta produção de sementes e de resistência ou resistência intermediária a outras doenças comuns no Brasil. Concluimos que Cornell 605 e A 195 são as fontes mais úteis de resistência ao MB e outras doenças para uso em programas de melhoramento de feijão no Brasil.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Carvalho, R. S. B., Lima, I. A., Alves, F. C., and Santos, J. B. D. 2013. Selection of carioca common bean progenies resistant to white mold. *Crop Breed. Appl. Biotechnol.* 13:172-177.
- Chung, Y. S., Sass, M. E., and Nienhuis, J. 2008. Validation of RAPD markers for white mold resistance in two snap bean populations based on field and greenhouse evaluations. *Crop Sci.* 48:2265-2273.
- Genchev, D., and Kiryakov. 2002. Inheritance of resistance to white mold disease (*Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary) in the breeding line A 195 of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Bulg. J. Agric. Sci.* 8:181-187.
- Griffiths, P. D. 2009. Release of Cornell 601–606: common bean breeding lines with resistance to white mold. *HortScience* 44:463-465.
- Kelly, J. D., Mkwaila, W., Varner, G.V., Cichy, K.A., and Wright, E. M. 2012. Registration of ‘Eldorado’ Pinto Bean. *J. Plant Regist.* 6:233-237.
- Kolkman, J. M., and Kelly, J. D. 2002. Agronomic traits affecting resistance to white mold in common bean. *Crop Sci.* 42:693-699.
- McCoy, S., and Steadman, J. R. 2009. Use of multi site screening to identify partial resistance to white mold in common bean in 2008. *Annu. Rep. Bean Improv. Coop.* 52:86-87.
- McCoy, S., Higgins, B., and Steadman, J. R. 2011. Use of multi site screening to identify partial resistance to white mold in common bean in 2010. *Annu. Rep. Bean Improv. Coop.* 54:130-131.

- 1 Miklas, P. N., Delorme, R., Johnson, W. C., and Gepts, P. 2001. QTL
2 conditioning physiological resistance and avoidance to white mold in dry bean.
3 *Crop Sci.* 41:309–315.
- 4 Miklas, P. N., Kelly, J. D., Steadman, J. R., and McCoy, S. 2014. Registration of
5 Pinto bean germplasm line USPT-WM-12 with partial white mold resistance. *J.*
6 *Plant Regist.* 8:183-186.
- 7 Miklas, P. N., Porter, L. D., Kelly, J. D., and Myers, J. M. 2013. Characterization
8 of white mold disease avoidance in common bean. *Eur. J. Plant Pathol.* 135: 525-
9 543.
- 10 Otto-Hansen, L. K., and Steadman, J.R. 2008. Use of multi-site screening to
11 identify partial resistance to white mold in common bean in 2007. *Annu. Rep.*
12 *Bean Improv. Coop.* 51:214-215.
- 13 Pascual, A., Campa, A., Pérez-Vega, E., Giraldez, R., Miklas, P. N., and Ferreira,
14 J. J. 2010. Screening Common Bean for Resistance to Four *Sclerotinia*
15 *sclerotiorum* Isolates Collected in Northern Spain. *Plant Dis.* 94:885-890.
- 16 Park, S. O., Coyne, D. P., Steadman, J. R., and Skroch, P. W. 2001. Mapping of
17 QTL for resistance to white mold disease in common bean. *Crop Sci.* 41:1253-
18 1262.
- 19 Paula Júnior, T. J., Vieira, R. F., Lobo Júnior, M., Morandi, M. A. B., Carneiro, J.
20 E. S., Zambolim, L. 2006. Manejo integrado do mofo-branco do Feijoeiro. Viçosa
21 MG. EPAMIG. 48p.
- 22 Pérez-Vega, E., Pascual, A., Campa, A., Giraldez, R., Miklas, P. N., and Ferreira,
23 J. J. 2012. Mapping quantitative trait loci conferring partial physiological
24 resistance to white mold in the common bean RIL population Xana x Cornell
25 49242. *Mol. Breeding* 29:31-41.
- 26 SAEG - Sistema para Análises Estatísticas, Versão 9.1. 2007. Fundação Arthur
27 Bernardes - UFV - Viçosa.
- 28 Schwartz, H. F., and Singh, S. P. 2013. Breeding Common Bean for Resistance to
29 White Mold: A Review. *Crop Sci.* 53: 1832-1844.
- 30 Singh, S. P., and Schwartz, H. F. 2010. Breeding common bean for resistance to
31 diseases: a review. *Crop Sci.* 50:2199-2223.

1 Singh, S. P., Schwartz, H. F., Viteri, D., Terán, H., and Otto, K. 2014.
2 Introgressing white mold resistance from *Phaseolus coccineus* PI 439534 to
3 common bean pinto bean. *Crop Sci.* 54:1-7.

4 Singh, S. P., Terán, H., Lema, M., Schwartz, H. F., and Miklas, P. N. 2007.
5 Registration of white mold resistant dry bean germplasm line A 195. *J. Plant*
6 *Regist.* 1:62-63.

7 Soule, M., Porter, L., Medina, J., Santana, G. P., Blair, M. W., and Miklas, P. N.
8 2011. Comparative QTL map for white mold resistance in common bean, and
9 characterization of partial resistance in dry bean lines VA19 and 19365–31. *Crop*
10 *Sci.* 51:123–139.

11 Souza, D. A. D., Pereira, F. A. C., Dias, J. A., Leite, M. E., and Santos, J. B. D.
12 2014. Reaction of common bean progenies to white mold derived from recurrent
13 selection. *Cienc. Rural* 44:583-587.

14 Steadman, J. R., Otto-Hansen, L. K., Powers, K. 2004. Identification of partial
15 resistance to *Sclerotinia sclerotiorum* in common bean at multiple locations.
16 *Annu. Rep. Bean Improv. Coop.* 47:281-282.

17 Steadman, J. R., Otto-Hansen, L. K., Breathnach, J. 2006. Identification of partial
18 resistance to *Sclerotinia sclerotiorum* in common bean at multiple locations in
19 2005. *Annu. Rep. Bean Improv. Coop.* 49:223-224.

20 Terán, H., Lema, M., Schwartz, H. F., Duncan, R., Gilbertson, R., and Singh, S. P.
21 2006. Modified Petzoldt and Dickson scale for white mold rating of common
22 bean. *Annu. Rep. Bean Improv. Coop.* 49:115-116.

23 Terán, H., and Singh, S. P. 2009. Efficacy of three greenhouse screening methods
24 for the identification of physiological resistance to white mold in dry bean. *Can. J.*
25 *Plant Sci.* 89:755-762.

26 Terán, H., and Singh, S. P. 2009. Gamete selection for improving physiological
27 resistance to white mold in common bean. *Euphytica* 167:271-280.

28 Terán, H., and Singh, S. P. 2010. Gamete and recurrent selection for improving
29 physiological resistance to white mold in common bean. *Can. J. Plant Sci.* 90:153-
30 162.

31 Terán, H., and Singh, S. P. 2010. Recurrent selection for physiological resistance
32 to white mould in dry bean. *Plant Breeding* 129:327-333.

1 van Schoonhoven, A., and Pastor-Corrales, M. A. 1987. Standard system for the
2 evaluation of bean germplasm. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali,
3 Colombia.

4 Vieira, R. F., Paula Júnior, T. J., Teixeira, H., Carneiro, J. E. de S. 2010. White
5 mold management in common bean by increasing within-row distance between
6 plants. *Plant Dis.* 94:361-367.

7 Vieira, R. F., Paula Júnior, T. J., Teixeira, H., Carneiro, J. E. de S., Cardoso, R.
8 L., Queiroz, M. V., and Prado, A. L. 2012. Lines from Brazilian dry bean
9 breeding programs with white mold resistance. *Annu. Rep. Bean Improv. Coop.*
10 55:155-156.

11 Viteri, D. M., and Singh, S. P. 2014. Inheritance of white mold resistance in an
12 Andean common bean A 195 and its relationship with Andean G 122. *Crop Sci.*
13 (in press).

14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33

CONCLUSÕES GERAIS

Em áreas com histórico de MB, 7 a 10 feijoeiros do tipo II por metro estabilizam a produtividade na maioria das situações de intensidade de MB na lavoura. Quando se aplica fungicida, cultivar com resistência parcial ao MB suporta mais plantas por metro para estabilizar a produtividade que cultivares suscetíveis, em condições de alta intensidade de MB. O uso de 4 plantas por metro, sobretudo de genótipo suscetível, não influenciou a produtividade em relação às outras densidades, quando a pressão do MB foi moderada ou alta, independentemente do uso ou não de fungicida. No entanto, essa densidade pode reduzir a produtividade, se a intensidade da doença for baixa/moderada ou baixa.

Há genótipos oriundos dos programas de melhoramento de feijão com resistência parcial ao MB. BRS Vereda e CNFC 10722 são boas fontes de resistência parcial no campo e podem ser úteis em programas de melhoramento para resistência ao MB. A linhagem do tipo carioca VC 17 produz bem em áreas com histórico de MB, independentemente da intensidade da doença. Ensaio de campo foram eficientes em selecionar genótipos produtivos e com resistência parcial ao MB.

Cornell 605 e A 195 tem altos níveis de resistência ao MB no Brasil associada à alta produção de sementes e de resistência ou resistência intermediária a outras doenças comuns no Brasil. G122 tem potencial produtivo mais baixo do que A195. Mesmo assim, G122 merece atenção em estudos futuros, uma vez que apresenta altos níveis de resistência parcial ao MB associada a altos níveis de resistência a outras doenças.