



**MARIANA JUNQUEIRA DE ABREU**

**REAÇÃO DE GENÓTIPOS DE FEIJÃO E  
AGRESSIVIDADE DE ISOLADOS DO AGENTE  
CAUSAL DO MOFO-BRANCO**

**LAVRAS – MG  
2016**

**MARIANA JUNQUEIRA DE ABREU**

**REAÇÃO DE GENÓTIPOS DE FEIJÃO E AGRESSIVIDADE DE  
ISOLADOS DO AGENTE CAUSAL DO MOFO-BRANCO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, área de concentração em Genética e Melhoramento de Plantas, para a obtenção do título de Doutor.

Orientadora

Dra. Elaine Aparecida de Souza

**LAVRAS – MG  
2016**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha  
Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA, com dados  
informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

De Abreu, Mariana Junqueira.

Reação de genótipos de feijão e agressividade de isolados do agente  
causal do mofo-branco / Mariana Junqueira de Abreu. - 2016.

72 p.

Orientador(a): Elaine Aparecida de Souza.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2016.

Bibliografia.

1. *Sclerotinia sclerotiorum*. 2. Resistência genética. 3. Linhagens  
monoascospóricas. I. de Souza, Elaine Aparecida. . II. Título.

**MARIANA JUNQUEIRA DE ABREU**

**REAÇÃO DE GENÓTIPOS DE FEIJÃO E AGRESSIVIDADE DE  
ISOLADOS DO AGENTE CAUSAL DO MOFO-BRANCO**

**COMMON BEAN GENOTYPES REACTION AND WHITE MOLD  
CAUSAL AGENT ISOLATES AGGRESSIVENESS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, área de concentração em Genética e Melhoramento de Plantas, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 17 de outubro de 2016.

Dra. Ângela de Fátima Barbosa Abreu                      EMBRAPA

Dra. Quêlen de Lima Barcelos                                      UFMT

Dr. João Bosco dos Santos    UFLA

Dr. Hudson Teixeira    EPAMIG

Dra. Elaine Aparecida de Souza  
Orientadora

**LAVRAS – MG  
2016**



*Aos meus pais, Adriana e Carlos, pelo amor, por me apoiarem sempre, qualquer que tenha sido a situação e por não pouparem esforços para que todos os meus sonhos se realizassem. Aos meus bebês, Polyana e Fernanda, por acreditarem que eu seria capaz e por tornarem minha vida mais feliz. Ao meu noivo, André, pelo amor, companheirismo, apoio e compreensão por minhas ausências.*

*Dedico*



## AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida e por guiar meus passos sempre para o melhor caminho.

À Universidade Federal de Lavras, ao Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas e ao Departamento de Biologia, pela oportunidade de realizar o doutorado.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

À professora Elaine Aparecida de Souza, pela oportunidade, orientação, amizade, ensinamentos transmitidos, confiança em meu trabalho e, principalmente, pela compreensão e apoio no momento que mais precisei.

Aos membros da banca examinadora, professor João Bosco, Dra. Ângela, professora Quélen e Dr. Hudson Teixeira, pelas contribuições a este trabalho.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, pelos ensinamentos, apoio e amizade. Em especial, ao professor João Bosco dos Santos, por ter aberto as portas para que eu pudesse chegar até aqui e por toda a contribuição para a realização deste trabalho.

Aos funcionários do Departamento de Biologia, pela convivência e carinho demonstrado sempre, em especial a Lilian, D. Iron, Zélia e Raffa.

Aos amigos do Laboratório de Resistência de Plantas a Doenças, Fran, Joyce, Quél, Suellen, Larissa, Tânia, Lucas, Samira, Mariana, Paula, Carol, Margot, Paulinho, Luanna e Miller, por toda amizade, ajuda, conselhos, ótima convivência e momentos de descontração inesquecíveis. Especialmente ao Rafa, ao Alex e à Monik, sem os quais este trabalho não teria sido realizado. Esta tese também é de vocês.

Aos colegas do Laboratório de Genética Molecular, em especial ao laboratorista Lamartine, pela disponibilidade e valioso auxílio durante a condução dos trabalhos.

Aos colegas do GEN, pela excelente convivência e por, direta ou indiretamente, terem contribuído para a realização deste trabalho.

Às irmãzinhas de república, Angel, Iara, Marina, Raquel, Letícia e Mari, pelos momentos incríveis que vivemos juntas e pela amizade sincera que a cada dia cresce mais.

À turma de Paraguaçu, pelo incentivo, carinho e por compreenderem minhas ausências.

Às amigas-irmãs da dança. Ter vocês na minha vida foi fundamental para que eu conseguisse chegar até aqui.

Ao meu noivo, André, por todo amor e incentivo, sem os quais seria difícil chegar até aqui.

Aos meus pais, Adriana e Carlos, pelo amor, apoio e por não pouparem esforços para que eu pudesse realizar todos os meus sonhos.

Às minhas irmãs, Polyana e Fernanda, por serem meus bebês e por sempre acreditarem em mim.

A todos da minha família, por fazerem dos meus sonhos e das minhas conquistas seus sonhos e suas conquistas.

MUITO OBRIGADA.

*Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes.*

*(Martin Luther King)*



## RESUMO

O mofo-branco é uma doença do feijoeiro causada pelo fungo *Sclerotinia sclerotiorum*, um patógeno homotálico que apresenta alta variabilidade, mesmo em populações clonais. O uso de cultivares resistentes seria a estratégia mais eficiente para o controle da doença, entretanto, a resistência completa é inexistente. A inoculação artificial de plantas em casa de vegetação e no campo deve ser parte integrante da metodologia de avaliação da resistência do feijoeiro a este patógeno. Dessa forma, os objetivos, neste trabalho, foram determinar a reação de cultivares do feijoeiro e a agressividade de isolados de *S. sclerotiorum* em campo e em casa de vegetação e conhecer a agressividade de linhagens monoascospóricas oriundas de um isolado de *S. sclerotiorum*. A reação de 14 cultivares de feijoeiro a quatro isolados de *S. sclerotiorum* foi avaliada em dois experimentos, sendo um no campo e o outro em casa de vegetação. Além disso, avaliou-se a agressividade de 11 linhagens monoascospóricas de um isolado do patógeno a três linhagens de feijoeiro, Cornell 605 e Talismã, que são moderadamente resistentes, e Corujinha, suscetível. Entre as cultivares de feijoeiro avaliadas, nenhuma foi identificada com elevado nível de resistência ao mofo-branco. A variação encontrada na reação das cultivares para a severidade do mofo-branco, nas avaliações no campo e em casa de vegetação, foi devido, principalmente, à diferença na agressividade dos isolados de *S. sclerotiorum*. As linhagens monoascospóricas apresentaram variabilidade quanto à agressividade.

**Palavras-chave:** *Sclerotinia sclerotiorum*. Resistência genética. Linhagens monoascospóricas.



## ABSTRACT

White mold is a common bean disease caused by fungus *Sclerotinia sclerotiorum*, homothallic pathogen, that present high variability even in clonal populations. Use of resistant cultivars would be the most effective strategy to disease control, however, complete resistance is nonexistent. Artificial inoculation in greenhouse and in field should be part of evaluation methodology of common bean resistance to this pathogen. Aims of this study were to determine common bean cultivars reaction and *S. sclerotiorum* isolates aggressiveness in field and in greenhouse; and also know aggressiveness of monoascosporic strains derived from a *S. sclerotiorum* isolate. Reaction of 14 common bean cultivars to four *S. sclerotiorum* isolates was evaluated in two experiments, one in field and the other in greenhouse. Furthermore, aggressiveness of 11 monoascosporic strains from an isolate was evaluated to three common bean lines, Cornell 605 and Talismã are moderately resistant and, Corujinha, susceptible. Among evaluated common bean cultivars were not identified cultivars with high resistance level to white mold. Variation found in the cultivars reaction to the severity of white mold, in the evaluation in field and in greenhouse, was mainly due to difference in *S. sclerotiorum* isolates aggressiveness. The monoascosporic strains showed variability in aggressiveness.

**Keywords:** *Sclerotinia sclerotiorum*. Genetic resistance. Monoascosporic strains.



## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	17
2	REFERENCIAL TEÓRICO .....	21
2.1	O mofo-branco do feijoeiro.....	21
2.2	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i> .....	22
2.3	Controle do mofo-branco.....	26
2.4	Resistência do feijoeiro a <i>S. sclerotiorum</i> .....	31
3	MATERIAL E MÉTODOS .....	37
3.1	Teste de patogenicidade de isolados de <i>S. sclerotiorum</i> e de reação de cultivares de feijoeiro em experimentos de campo e de casa de vegetação .....	37
3.2	Teste de patogenicidade de linhagens monoascospóricas de <i>S. sclerotiorum</i> .....	39
3.3	Método de inoculação.....	40
3.4	Análise dos dados.....	41
4	RESULTADOS.....	43
4.1	Reação de cultivares do feijoeiro a isolados de <i>S. sclerotiorum</i> avaliadas em campo e em casa de vegetação .....	43
4.2	Avaliação da resistência genética de cultivares de feijoeiro e da agressividade de isolados de <i>S. sclerotiorum</i> em campo e em casa de vegetação .....	47
4.3	Avaliação da resistência genética de linhagens de feijoeiro e da agressividade de linhagens monoascospóricas do isolado UFLA54 de <i>S. sclerotiorum</i> .....	50
5	DISCUSSÃO .....	53
6	CONCLUSÕES .....	61
	REFERÊNCIAS .....	63



## 1 INTRODUÇÃO

O mofo-branco é uma das doenças mais destrutivas do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), podendo causar perdas de até 100% na produção desta cultura (PAULA JÚNIOR et al., 2012; SCHWARTZ; SINGH, 2013). Esta doença é causada por *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary, um fungo homotálico, mas que apresenta alta variabilidade, mesmo em populações clonais (ATALLAH et al., 2004; GOMES et al., 2011; LEHNER et al., 2015; MERTURK et al., 2007; SEXTON; HOWLETT, 2004). Os escleródios dessa espécie podem ser formados por hifas geneticamente distintas, portanto, a utilização de um único escleródio como um indivíduo pode não ser suficiente para representar o patógeno (LEHNER; PAULA JÚNIOR; MIZUBUTI, 2016).

O uso de cultivares geneticamente resistentes é a estratégia mais eficiente para o controle da doença, entretanto, a resistência completa é inexistente. Embora progênies com certos níveis de resistência fisiológica tenham sido identificadas, os resultados de estudos sobre a resistência do feijoeiro ao mofo-branco têm sido controversos (CASTAÑO; VEAR; LABROUHE, 2001; GONÇALVES; SANTOS, 2008; LEITE et al., 2016; SILVA et al., 2014).

A seleção recorrente visando obter linhagens resistentes a *S. sclerotiorum* tem sido realizada com resultados promissores (LEITE et al., 2016). No entanto, linhagens de feijoeiro adaptadas às condições brasileiras que apresentem bom nível de resistência a *S. sclerotiorum* e que possam ser utilizadas nos programas de melhoramento não têm sido identificadas. Além disso, a ausência de linhagens mesoamericanas e andinas com níveis elevados de resistência ao mofo-branco tem dificultado o entendimento da variação na agressividade entre os isolados patogênicos (MIKLAS et al., 2013).

A identificação de genótipos resistentes em condições de campo é dificultada na ausência de irrigação e inoculação artificial, uma vez que não é possível distinguir a resistência fisiológica dos mecanismos de escape (KIM; DIERS, 2000; OTTO-HANSON; STEADMAN; HIGGINS, 2011). *S. sclerotiorum* é sensível à temperatura e à umidade, no entanto, existem poucos estudos com relatos sobre o efeito ambiental na interação patógeno-hospedeiro (PENNYPACKER; RISIUS, 1999). Portanto, a inoculação artificial de plantas, em casa de vegetação e no campo, deve ser parte integrante da metodologia de avaliação da resistência do feijoeiro a este patógeno, mesmo porque a sua variabilidade também tem sido associada a problemas de avaliação (KIM et al., 2000; KULL et al., 2004; MIKLAS et al., 1999; WHIPPS et al., 2002; ZHAO et al., 2004).

Vários fatores, incluindo métodos de avaliação, podem afetar o resultado de estudos da reação de linhagens de feijoeiro ao mofo-branco (SCHWARTZ; SINGH, 2013). O *Straw test*, proposto por Petzoldt e Dickson (1996), é o método mais utilizado para a inoculação, pois é simples e eficiente para a avaliação da resistência fisiológica, além de ser um método não destrutivo, sendo, por isso, o mais utilizado nos programas de melhoramento (PÉREZ-VEGA et al., 2012; TERÁN; SINGH, 2008).

O conhecimento da interação patógeno-hospedeiro é importante na escolha de estratégias de melhoramento de plantas para a resistência a fitopatógenos. A metodologia proposta por Melo e Santos (1999) consiste em uma adaptação do método do dialelo parcial do modelo IV de Griffing (1956), que torna possível a obtenção de informações sobre a resistência vertical e horizontal dos hospedeiros, assim como sobre a agressividade e a virulência dos patógenos. Esta metodologia tem sido utilizada com sucesso no patossistema *S. sclerotiorum*-feijoeiro, bem como em outros patossistemas (BUIATE et al.,

2010; CARNEIRO, 2012; CORNÉLIO et al., 2003; DAVIDE; SOUZA, 2009; PEREIRA et al., 2015; SILVA et al., 2014).

Diante do exposto, os objetivos, neste trabalho, foram determinar a reação de cultivares do feijoeiro e a agressividade de isolados de *S. sclerotiorum* em campo e em casa de vegetação, e conhecer a agressividade de linhagens monoascospóricas oriundas de um isolado de *S. sclerotiorum*.



## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 O mofo-branco do feijoeiro

O mofo-branco é uma doença do feijoeiro cujo agente etiológico é o fungo *Sclerotinia sclerotiorum*, um fitopatógeno de ampla distribuição geográfica. Esta espécie infecta vários outros hospedeiros, como soja, algodão, alface, repolho, tomate rasteiro e ervilha, e diversas espécies de plantas invasoras. Atualmente, o mofo-branco é considerado a doença mais destrutiva do feijoeiro nas áreas irrigadas do Brasil, especialmente na região do Cerrado, onde o feijão irrigado tem sido cada vez mais cultivado e, principalmente, nas safras de outono-inverno-primavera, quando as temperaturas são mais amenas. Sob condições climáticas favoráveis, pode provocar perda de 100% da produtividade e qualidade de cultivares de feijoeiro susceptíveis (KULL et al., 2004; PAULA JÚNIOR et al., 2012; SCHWARTZ; SINGH, 2013).

Os sintomas da doença são lesões encharcadas nas folhas que se expandem rapidamente para o pecíolo e o caule. Os caules, primeiramente, desenvolvem lesões escuras que, normalmente, se desenvolvem em tecidos necróticos e, posteriormente, manchas de micélio branco com aspecto cotonoso aparecem. Estas manchas de micélio são o sinal mais evidente de que as plantas estão doentes, justificando o nome mofo-branco. A doença progride nos caules principais, fazendo com que, normalmente, as plantas murchem. Com o avanço da doença, os tecidos infectados tornam-se esbranquiçados e são, frequentemente, degradados, deixando apenas os tecidos vasculares. A infecção pode se espalhar para as plantas por meio do contato planta a planta (BOLTON; THOMMA; NELSON, 2006). As sementes atacadas perdem o brilho, tornam-se opacas e seu peso é reduzido. O período crítico da doença vai do florescimento até a formação e o enchimento das vagens (MICHEREFF, 2011).

## 2.2 *Sclerotinia sclerotiorum*

*S. sclerotiorum* é um fungo que pertence à subdivisão Ascomycotina, classe Discomycetes, família Sclerotiniaceae, ordem Helotiales e filo Ascomycota. É um patógeno necrotrófico homotático.

A especificidade de hospedeiro é desconhecida entre isolados desta espécie, portanto, não há um único sintoma que seja comum a todas as plantas infectadas por esse fungo. Embora haja subdivisão populacional, não existe uma associação das suas populações com as espécies cultivadas (BOLTON; THOMMA; NELSON, 2006; MALVÁREZ et al., 2007).

Esse fungo tem uma fase haploide somática, na qual a clonalidade é resultado tanto de reprodução assexual, por meio dos escleródios, quanto por reprodução sexual por “autofecundação”, pois é uma espécie homotática (KOHN, 1995). O ciclo sexual é importante na geração de variabilidade e no potencial evolutivo das populações de patógenos (CHEN; MCDONALD, 1996).

Em populações naturais existe um mosaico de clones que tendem a ser geneticamente isolados uns dos outros (KULL et al., 2004). Entretanto, há estudos que apresentam evidências de cruzamentos entre diferentes isolados e alta variabilidade genética, molecular e fisiológica do patógeno (ATALLAH et al., 2004; GOMES et al., 2011; MERT-TURK et al., 2007; SEXTON; HOWLETT, 2004). Mesmo em populações clonais de *S. sclerotiorum*, a variabilidade genotípica tende a ser relativamente alta, quando se utilizam marcadores moleculares (LEHNER et al., 2015).

Condições ambientais locais e rotação de culturas podem favorecer a recombinação sexual nas populações de *S. sclerotiorum*, além do uso de sementes contaminadas, o que pode aumentar o número de isolados que apresentaram diferentes genótipos (GOMES et al., 2011). A reprodução sexual

pode ocorrer em apotécios oriundos de escleródios produzidos pela fusão de dois micélios haploides (EKINS; AITKEN; COULTER, 2006).

Há relatos, na literatura, da existência de variabilidade entre isolados de um mesmo escleródio (LEHNER et al., 2015). Ou seja, como os escleródios podem ser formados por hifas geneticamente distintas, a utilização de um único escleródio como um indivíduo pode não ser suficiente e deve ser evitada em estudos de genética populacional de *S. sclerotiorum* (LEHNER; PAULA JÚNIOR; MIZUBUTI, 2016).

Os escleródios são formados na ausência de um hospedeiro suscetível à *S. sclerotiorum* e, dessa forma, o fungo pode persistir por um longo período no solo. Os escleródios, a princípio, apresentam cor branca e, posteriormente, tornam-se negros e enrijecidos, sendo altamente resistentes a substâncias químicas, calor seco até 600 °C e congelamento. Formam-se, normalmente, no interior dos tecidos infectados, mas podem formar-se sobre a superfície dos tecidos em condições de alta umidade, sobre ou dentro das flores ou das sementes, por isso são frequentemente encontrados em amostras de colheita (BOLTON; THOMMA; NELSON, 2006).

O escleródio é um agregado de hifas com uma crosta escura exterior que contém várias células espessas e melanina, a qual pode ter papel importante na proteção contra condições adversas e contra a degradação microbiana (BELL; WHEELER, 1986; HENSON, BUTLER; DAY, 1999). A medula, porção interna, é composta por carboidratos e proteínas, e incorporada em uma matriz fibrilar (LE TOURNEAU, 1979).

Dependendo do hospedeiro, os escleródios de *S. sclerotiorum* variam muito de tamanho (ABREU; SOUZA, 2015). Vários fatores afetam a sobrevivência e a germinação dos escleródios de *S. sclerotiorum*, tais como umidade, temperatura, sua posição no solo, sua forma, presença de gases ou elementos químicos no solo, atividades de microrganismos e nutrição, entre

outros. Temperaturas acima de 30 °C reduzem sua sobrevivência. Eles podem germinar bem entre 6 °C e 30 °C, embora a temperatura ótima seja 10 °C (BOLTON; THOMMA; NELSON, 2006).

A proporção de escleródios que germina eleva-se de acordo com o aumento de seus tamanhos (HAO; SUBBARAO; DUNIWAY, 2003). No entanto, ausência de correlação entre o tamanho dos escleródios e a proporção de germinação dos mesmos foi encontrada em uma população de isolados do feijoeiro no Brasil. Neste trabalho, isolados com escleródios com tamanhos médios menores apresentaram germinação mais eficiente do que isolados com escleródios maiores (ABREU; SOUZA, 2015).

Os escleródios são os componentes centrais na epidemiologia das doenças causadas por *S. sclerotiorum*, devido ao seu grande potencial reprodutivo, juntamente com a capacidade de sobrevivência em longo prazo. Eles podem germinar de forma carpogênica ou miceliogênica, dependendo das condições ambientais, resultando em duas formas distintas de infecção (ADAMS; AYERS, 1979; WILLETTS; WONG, 1980).

Os girassóis e algumas leguminosas podem apresentar doenças iniciadas pela germinação miceliogênica dos escleródios, sendo que, neste caso, o micélio pode infectar diretamente tecidos da raiz (LE TOURNEAU, 1979). Entretanto, doenças podem ser resultantes da colonização da matéria orgânica morta no solo e da subsequente infecção das plantas vivas adjacentes (RIMMER; MENZIES, 1983). A infecção de tecido saudável se dá por meio da penetração do micélio na cutícula da planta hospedeira utilizando enzimas ou mecanismos de força via apressórios, a menos que ocorra penetração através dos estômatos (LUMSDEN, 1979; LUMSDEN; DOW, 1973).

Os escleródios que germinam de forma carpogênica produzem apotécios e, subsequentemente, ascósporos que infectam partes senescentes das plantas hospedeiras que se encontram sobre o solo. O número de apotécios produzidos é

fortemente relacionado com o tamanho dos escleródios (HAO; SUBBARAO; DUNIWAY, 2003), apesar da capacidade de germinação dos escleródios não depender do seu tamanho (ABREU; SOUZA, 2015).

A germinação carpogênica é afetada pela temperatura sob a qual os escleródios são produzidos (HUANG; KOZUB, 1993). Huang e Kozub (1991) notaram que isolados originados de regiões com temperaturas por volta de 10 °C germinam mais rapidamente do que aqueles produzidos em temperaturas mais elevadas (25-30 °C), indicando que a origem geográfica dos isolados também influencia esse processo. Na maioria das vezes, as doenças iniciadas por ascósporos são associadas a eventos de irrigação e períodos de muita chuva, uma vez que a umidade do solo é um fator crítico na produção de apotécios (BOLTON; THOMMA; NELSON, 2006).

O apotécio consiste em um estipe originado de um escleródio e um receptáculo que tem uma superfície com uma camada himenial côncava (2-10 mm de diâmetro), de cor ocre a tangerina. Um ou mais apotécios podem surgir de um escleródio. A camada himenial tem filas de ascos, os quais são cilíndricos e contêm oito ascósporos hialinos, elipsoides e binucleados (4-6 x 9-14 µm) (KOHN, 1979b).

A liberação de ascósporos é um fenômeno ativado por mudanças na umidade relativa ou mudanças físicas do apotécio (HARTILL; UNDERHILL, 1976). Alguns ascósporos podem ser carregados por meio de correntes de ar, entretanto, a maioria é depositada no solo onde é produzida (LI; YONGLI; NIAN, 1994; WEGULO et al., 2000). Eles são cobertos por uma mucilagem pegajosa, a qual ajuda na sua adesão ao substrato e podem sobreviver no tecido da planta por volta de duas semanas, dependendo das condições ambientais. A alta umidade relativa e luz ultravioleta são prejudiciais à sua sobrevivência *in vitro* (CLARKSON et al., 2003).

Os ascósporos podem germinar na superfície de um tecido saudável, mas não podem infectar a planta sem uma fonte exógena de nutrientes e uma lâmina de água. Para iniciar a infecção micelial da planta hospedeira, tecidos senescentes, necrosados ou flores, geralmente, servem como fonte de nutrientes (ABAWI; GROGAN, 1979; LUMSDEN, 1979). Depois da colonização dos tecidos senescentes, o fungo invade tecidos verdes vivos em contato com as flores e se espalha para outras partes da planta (HARIKRISHNAN; DEL RIO, 2006). Embora a infecção por ascósporos no feijoeiro ocorra, principalmente, após o início da floração, em cultivares susceptíveis, a infecção micelial pode ocorrer a qualquer momento durante o cultivo sob condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento do patógeno (STEADMAN; BOLAND, 2005).

Conídios assexuais não são produzidos, entretanto, microconídios são produzidos nas hifas ou no himênio do apotécio. Esses microconídios não germinam e sua função na biologia do fungo é desconhecida, no entanto, podem ter um papel na fertilização (KOHN, 1979a; BOLTON; THOMMA; NELSON, 2006; CHITRAMPALAM et al., 2013).

### **2.3 Controle do mofo-branco**

A aplicação de fungicidas tem sido um método de controle importante das doenças causadas por *Sclerotinia*, mas o desenvolvimento de resistência do patógeno às substâncias é sempre uma ameaça (BARDIN; HUANG, 2001; GOSSEN; RIMMER; HOLLEY, 2001; PAULA JÚNIOR et al., 2012). Além disso, há o impacto ecológico negativo, devido à presença de resíduos tóxicos, e o custo é, normalmente, elevado (ROCHA; OLIVEIRA, 1998). Outro método de controle utilizado é a queima da palhada após a colheita das sementes. Esta é uma medida de controle eficaz porque os escleródios presentes nos resíduos são destruídos (PRATT; ROWE, 1995).

O controle biológico é outra prática de destaque no controle de doenças de plantas causadas por fungos. Esta prática é adotada como uma estratégia alternativa para o controle de doenças causadas por *S. sclerotiorum*. Várias espécies de *Trichoderma* têm sido relatadas como potenciais agentes de biocontrole de fungos fitopatogênicos do solo, incluindo *S. sclerotiorum* (LOBO JÚNIOR; ABREU, 2000).

Plantas transgênicas resistentes estão sendo produzidas com genes de enzimas capazes de degradar o ácido oxálico, uma vez que este ácido tem uma associação com a patogenicidade do fungo. Linhagens de soja transgênicas contendo o gene da descarboxilase isolado de *Flammulina* sp. foram produzidas pelo processo de biobalística. A análise molecular revelou que a incorporação do gene no genoma da planta foi bem sucedida e que ele foi transferido para as plantas da progênie. A curva do progresso da doença apresentou um atraso significativo no desenvolvimento dos sintomas, em comparação com o genótipo não transgênico (CUNHA et al., 2010).

No entanto, o controle adequado do mofo-branco utilizando fungicidas, biopesticidas e outras estratégias de gestão da doença tem sido difícil. Portanto, o uso de níveis adequados de resistência da planta hospedeira é fundamental para o controle efetivo da doença (SCHWARTZ; SINGH, 2013). Dessa forma, o melhor método para diminuir os riscos de epidemias é o uso de cultivares geneticamente resistentes (CASTAÑO; VEAR; LABROUHE, 2001). Essa resistência é fisiológica e tem natureza poligênica (MIKLAS et al., 2001).

Os resultados de estudos da resistência do feijão ao mofo-branco têm sido controversos. Segundo Antônio et al. (2008), o controle genético da resistência ao mofo-branco é caracterizado por dominância parcial, com predominância de efeitos aditivos, e pelo menos um gene de resistência está envolvido, embora o caráter seja altamente influenciado pelo ambiente. Entretanto, já foram identificados mais de 30 locos de caracteres quantitativos

(QTLs) que condicionam resistência parcial ao mofo-branco (MIKLAS et al., 2013; SOULE et al., 2011). A resistência completa é inexistente no feijoeiro, embora progênies com certos níveis de resistência fisiológica tenham sido identificadas (GONÇALVES; SANTOS, 2008). A falta de cultivares de origens evolutivas diferentes com níveis elevados de resistência monogênica ao mofo-branco tem dificultado o entendimento de variação na agressividade entre os isolados patogênicos (MIKLAS et al., 2013).

Geralmente, a busca por genótipos resistentes sob condições de campo é problemática sem o uso de irrigação e inoculação artificial, devido à natureza esporádica dos surtos da doença. Além disso, a expressão de resistência variável dificulta a busca por genótipos resistentes ao mofo-branco. Não se sabe se parte da resistência no campo é resultado de resistência fisiológica ou mecanismos de escape, como época de floração e arquitetura, entre outros, que têm sido associados à severidade da doença (KIM; DIERS, 2000; OTTO-HANSON; STEADMAN; HIGGINS, 2011). Um ou mais destes mecanismos podem estar significativamente relacionados com baixos níveis da doença em vários estudos, uma vez que fornecem condições menos favoráveis ao patógeno. Assim, a gravidade da doença é reduzida e há a chance de seleção de falsos positivos para resistência parcial (KIM; DIERS, 2000; NELSON; HELMS; OLSON, 1991; SCHWARTZ; SINGH, 2013). A sensibilidade ambiental da resposta da planta ao patógeno também pode contribuir para a natureza imprevisível da doença. *S. sclerotiorum* é sensível à temperatura e à umidade, no entanto, em poucos estudos há relatos sobre a sensibilidade ambiental da interação patógeno-hospedeiro (PENNYPACKER; RISIUS, 1999).

Sendo assim, a inoculação artificial de plantas em casa de vegetação e no campo deve ser parte integrante da metodologia de avaliação da resistência a este patógeno (KIM et al., 2000; MIKLAS et al., 1999; WHIPPS et al., 2002; ZHAO et al., 2004). A avaliação em casa de vegetação, onde as condições de

inoculação (hospedeiro, patógeno e ambiente) podem ser controladas, geralmente é recomendada para a identificação da resistência fisiológica. Dessa forma, os métodos utilizados em casa de vegetação ou em laboratório podem detectar a resistência de maneira eficaz em relação aos testes de campo, uma vez que detectam diretamente a resistência de uma linhagem e podem identificar "escapes" de plantas anteriormente identificadas como resistentes no campo (OTTO-HANSON; STEADMAN; HIGGINS, 2011). No entanto, não se deve esquecer que as avaliações do campo são importantes, pois representam o ambiente de crescimento real do feijoeiro (SOULE et al., 2011).

A variabilidade do patógeno também pode contribuir para a baixa correlação entre os experimentos em casa de vegetação e no campo. Além disso, diferenças na agressividade dos isolados têm sido associadas a problemas de avaliação (KULL et al., 2004). Diferenças na agressividade de isolados de *S. sclerotium* avaliados em campo e em casa de vegetação têm sido observadas, mesmo quando há alta correlação entre os resultados obtidos em campo e em casa de vegetação (LEITE et al., 2016; SILVA et al., 2014).

Como o feijoeiro apresenta apenas baixos níveis ou resistência parcial à *S. sclerotium*, a utilização de um método confiável, rápido, de baixo custo e com alto poder de resolução de detecção da resistência fisiológica tem sido uma meta de vários pesquisadores. Muitos fatores, incluindo métodos de avaliação do germoplasma, podem afetar o resultado do melhoramento do feijoeiro para a resistência ao mofo-branco (SCHWARTZ; SINGH, 2013).

Alguns métodos são utilizados para a avaliação do mofo-branco do feijoeiro. Existem alguns que utilizam campos com histórico da doença ou que utilizam escleródios cultivados em laboratório para contaminar a área experimental (HUANG; MUNDEL; ERICKSON, 2003). Outros métodos propostos são o de inoculação de micélio nos cotilédones, caule cortado, folhas destacadas (KULL et al., 2003), reação ao ácido oxálico (ANTÔNIO et al.,

2008; KOLKMAN; KELLY, 2000), inoculação em flores utilizando suspensão de ascósporos e inoculação na haste utilizando palito colonizado pelo fungo (TOLÊDO-SOUZA; COSTA, 2003).

O ácido oxálico provoca sintomas de murcha em plantas infectadas por *S. sclerotiorum*. A invasão de tecidos de plantas saudáveis requer secreção de ácido oxálico, que é a causa provável da lesão formada antes da invasão das hifas (LUMSDEN; DOW, 1973). Em um estudo objetivou-se identificar o controle genético da resistência do feijoeiro ao mofo-branco pelo método indireto usando ácido oxálico, o qual foi eficiente na detecção de diferenças genéticas (ANTÔNIO et al., 2008). No trabalho realizado por Gonçalves e Santos (2008), progênies com certos níveis de resistência fisiológica foram identificadas por meio do método indireto do ácido oxálico.

O método de avaliação de reação ao ácido oxálico também foi utilizado em um trabalho para avaliação da resistência ao mofo-branco de 17 genitores mais as 35 progênies obtidas em um programa de seleção recorrente. Foi observada ampla variabilidade nos genitores, indicando que alguns apresentam alelos de resistência ao mofo-branco. Mesmo em ciclos iniciais, algumas progênies apresentaram nota média de reação ao mofo-branco semelhante à da cultivar 'G-122', que apresenta bom nível de resistência a essa doença. Isso leva a inferir que a população original utilizada já apresentava algum nível de resistência fisiológica para a reação à absorção ao ácido oxálico (SOUZA et al., 2014).

O *Straw test*, proposto por Petzoldt e Dickson (1996), é o método mais utilizado para a inoculação. Os resultados deste teste em casa de vegetação geralmente se correlacionam bem com os testes de campo e são mais consistentes, repetitivos e uniformes. Além disso, muitas plantas podem ser inoculadas em menos tempo por apenas uma pessoa (MIKLAS et al., 2001; PARK et al., 2001; PÉREZ-VEGA et al., 2012). É um dos métodos mais

simples e considerado um dos mais eficientes para a avaliação da resistência fisiológica, pois auxilia na identificação, na caracterização e na seleção de genótipos resistentes ao mofo-branco, além de ser um método não destrutivo, sendo também o mais utilizado nos programas de melhoramento (TERÁN; SINGH, 2008).

Abreu e Souza (2015) avaliaram a agressividade de 28 isolados de *S. sclerotiorum* em duas cultivares de feijoeiro (G122 – resistente e Corujinha – susceptível), utilizando o *Straw test* como método de inoculação de plantas em casa de vegetação. Foi possível constatar a diferença entre os níveis de agressividade dos isolados e, além disso, foi possível detectar a interação isolados x cultivares.

Em resumo, tem havido uma evolução gradual nos métodos de avaliação do mofo-branco, mas o *Straw test* com um ou mais *plugs* de micélio por inoculação e uma ou mais inoculações por planta, com os mesmos ou diferentes isolados é, atualmente, o método mais comum e amplamente utilizado para a detecção da resistência fisiológica do feijoeiro em casa de vegetação em todo o mundo (SINGH; TERÁN, 2008). A busca e a identificação de germoplasma resistente durante todo o período de crescimento são cruciais para o melhoramento e os estudos genéticos do feijoeiro. Além disso, dado o fato de que uma considerável variabilidade patogênica existe em *S. sclerotiorum* e que o germoplasma de feijão pode responder de formas diferentes aos isolados, é essencial avaliar o germoplasma com um amplo espectro de isolados encontrados na região de produção (SCHWARTZ; SINGH, 2013).

#### **2.4 Resistência do feijoeiro a *S. sclerotiorum***

Um desafio para melhoristas e fitopatologistas continua sendo a obtenção de resistência durável, a qual ocorre quando uma cultivar amplamente

plantada em um ambiente favorável para a manifestação da doença mantém-se resistente a um determinado patógeno por um longo período de tempo. Para que a resistência seja durável, alguns fatores são importantes, como o sistema de cultivo utilizado, a herança da resistência, a variabilidade na população do patógeno, o ciclo de vida do hospedeiro e do patógeno, o tamanho da população do patógeno e a forma de utilização dos alelos de resistência (ADUGNA, 2004; MUNDT; LEONARD, 1985).

A resistência pode ser classificada em vertical e horizontal. A resistência vertical é específica aos isolados, sendo conferida por genes maiores que apresentam resistência a um ou poucos isolados do fungo, sendo, portanto, pouco estável. A resistência horizontal é conferida por genes menores que apresentam resistência uniforme contra todos os isolados do fungo, sendo considerada durável por apresentar maior estabilidade (VANDERPLANK, 1963).

Quando uma série de diferentes isolados de um patógeno é inoculada em diferentes cultivares de um hospedeiro, é possível identificar o tipo de resistência por meio da significância da interação cultivares x isolados. Assim, a interação cultivares x isolados significativa sugere que a reação de cada cultivar é específica a um determinado isolado, indicando que a resistência é do tipo vertical. Se as cultivares comportam-se de forma semelhante a todos os isolados, a interação não é significativa, e a resistência será do tipo horizontal. Entretanto, o fato de uma linhagem apresentar resistência vertical não exclui a possibilidade da presença da resistência horizontal ou vice-versa (VANDERPLANK, 1963).

Há uma dificuldade para encontrar genótipos resistentes, devido à falta de conhecimento das relações patógeno-hospedeiro e do tipo de controle genético da reação do hospedeiro ao patógeno. Melo e Santos (1999) realizaram um estudo de simulação do controle genético envolvendo os dois tipos de resistência, com o objetivo principal de testar uma metodologia que conseguisse,

de maneira simples, informar sobre a resistência vertical e horizontal do hospedeiro, e sobre a agressividade e virulência dos patógenos.

A metodologia proposta por Melo e Santos (1999) consiste em uma adaptação do método do dialelo parcial do modelo IV de Griffing (1956). Por essa metodologia é possível obter informações de maneira simples a respeito da resistência vertical e horizontal dos hospedeiros, assim como sobre a agressividade e a virulência dos patógenos. Dessa maneira, é possível encontrar alta correlação entre a capacidade geral de reação (CGR) e a resistência horizontal, e também alta correlação entre a capacidade geral de agressividade (CGA) e a patogenicidade potencial do patógeno, mostrando ser indicador da agressividade. A capacidade específica de interação (CEI) é um indicador da resistência vertical do hospedeiro.

Essa metodologia tem sido empregada com sucesso em trabalhos com alguns patossistemas. Cornélio et al. (2003) verificaram a predominância de resistência vertical nas cultivares diferenciadoras e resistência horizontal nas cultivares comerciais de arroz em um estudo desta cultura com *Pyricularia grisea*. Davide e Souza (2009) constataram diferença na agressividade de isolados da raça 65 de *C. lindemuthianum* e não detectaram resistência horizontal na reação do feijoeiro a este patógeno devido à presença de alelos de resistência vertical que inflacionaram a CGR. A metodologia mostrou-se promissora também na identificação de resistência horizontal e na predição do desempenho de híbridos de sorgo em um trabalho com o patossistema sorgo-*Colletotrichum sublineolum* (BUIATE et al., 2010). Pereira et al. (2015) identificaram resistência horizontal e vertical com predominância da resistência horizontal em linhagens de feijoeiro, além de diferença na virulência de isolados de *Pseudocercospora griseola*.

Carneiro (2012) inoculou 13 cultivares/linhagens de feijão com 10 isolados de *S. sclerotiorum* de diferentes localidades, em duas safras de

avaliação e realizou a análise por meio do dialelo parcial, proposto por Melo e Santos (1999). Assim, foi possível identificar linhagens/cultivares com elevado nível de resistência e selecionar isolados com alta agressividade e, portanto, mais eficientes na discriminação de linhagens/cultivares.

A análise dialélica foi útil na identificação dos valores genotípicos das linhagens e dos isolados no estudo realizado por Silva et al. (2014), com 11 linhagens de feijoeiro e 22 isolados de *S. sclerotiorum*. Eles selecionaram linhagens mais resistentes, além de prever quais cruzamentos eram os mais promissores para o aumento do nível de resistência na população. Também foi possível identificar os isolados mais agressivos que foram mais eficientes em distinguir as linhagens.

A variação na agressividade de diferentes isolados de *S. sclerotiorum* utilizados na inoculação pode ser uma das causas dos resultados contraditórios em diferentes avaliações da resistência ao mofo-branco de algumas cultivares/linhagens de feijoeiro (GONÇALVES; SANTOS, 2010; OTTO-HANSON et al., 2011). A compreensão das formas pelas quais os alelos de resistência do hospedeiro interagem com os alelos de virulência dos patógenos tem importância fundamental para a definição de estratégias de melhoramento de plantas para resistência a fitopatógenos (MELO; SANTOS, 1999). No melhoramento de plantas visando à resistência horizontal a patógenos, como é o caso do melhoramento do feijoeiro para a resistência a *S. sclerotiorum*, a utilização de isolados mais agressivos contribui para a identificação das melhores progênies (YAN; KANG, 2002).

Um programa de seleção recorrente visando à resistência ao mofo-branco tem sido conduzido na Universidade Federal de Lavras (UFLA). A avaliação de progênies  $S_{0:1}$ ,  $S_{0:2}$  e  $S_{0:3}$  de sete ciclos seletivos pelo método *Straw test* em campo e em casa de vegetação permitiu estimar o progresso genético ao longo dos ciclos, que foi de 11% por ano (LEITE et al., 2016). A eficiência deste

método na obtenção de linhagens resistentes tem sido observada em outras oportunidades (LYON; DICKSON; HUNTER, 1987; TERÁN; SINGH, 2010). Portanto, a seleção recorrente tem se mostrado um método eficiente na fixação de alelos de resistência ao mofo-branco.



### 3 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no Laboratório de Resistência de Plantas a Doenças, na casa de vegetação e no campo experimental do Departamento de Biologia da Universidade Federal de Lavras, em Lavras, MG.

#### 3.1 Teste de patogenicidade de isolados de *S. sclerotiorum* e de reação de cultivares de feijoeiro em experimentos de campo e de casa de vegetação

Dois experimentos, sendo um no campo e outro na casa de vegetação, foram realizados para avaliar a reação de 14 cultivares de feijoeiro a quatro isolados de *S. sclerotiorum* (Tabela 1). Em cada local foi realizado um teste de patogenicidade simultâneo para cada isolado, sendo que todos tinham as 14 cultivares.

Tabela 1 - Cultivares de feijoeiro e isolados de *S. sclerotiorum* utilizados.

<b>Cultivares</b>			
BRSMG Majestoso	BRS Valente	BRSMG Talismã	BRS Estilo
BRSMG Uai	Ouro Negro	BRSMG União	RP2
BRS Radiante	BRS Campeiro	BRS Cometa	
BRS Esplendor	BRSMG Tesouro	Pérola	
<b>Isolados</b>	<b>Cultivar</b>	<b>Procedência</b>	<b>Ano</b>
UFLA 3	MAV 5.60	Ijaci, MG	2009
UFLA 26	Carioca	Lambari, MG	2010
UFLA 54	Ouro Vermelho	Viçosa, MG	-
UFLA 92	BRSMG Majestoso	Patos de Minas, MG	2010

No campo, foi utilizado o delineamento de blocos casualizados, com três repetições. A parcela foi constituída por uma linha de 1 m, sendo semeadas quinze sementes por metro.

A avaliação da reação de resistência das cultivares do feijoeiro ao mofo-branco foi realizada sete dias após a inoculação, utilizando-se uma escala diagramática de 1 a 9, adaptada de Terán et al. (2006). A nota 1 indica plantas sem sintomas; nota 2, invasão do fungo além do ponto de inoculação, porém, menor do que uma polegada; nota 3, invasão do fungo além de uma polegada até antes do primeiro nó; nota 4, quando o fungo atinge o primeiro nó; nota 5, invasão do fungo além do primeiro nó, porém, menor do que uma polegada; nota 6, invasão do fungo além de uma polegada até antes do segundo nó; nota 7, quando o fungo atinge o segundo nó; nota 8, invasão do fungo além do segundo nó e nota 9 indica morte da planta. Foram consideradas resistentes as plantas com notas inferiores ou iguais a 3, moderadamente resistentes com notas maiores que 3 e menores ou iguais a 6, e susceptíveis com notas superiores a 6 (PAULA JÚNIOR et al., 2012).

Na casa de vegetação, o delineamento experimental utilizado também foi o de blocos casualizados, com três repetições. A parcela foi constituída por um vaso de três litros, com três plantas por vaso. As plantas inoculadas foram mantidas em alta umidade (>75%) e temperaturas moderadamente baixas (<25 °C) (SINGH; SCHWARTZ; STEADMAN, 2014).

A avaliação da reação de resistência das cultivares do feijoeiro ao mofo-branco foi realizada sete dias após a inoculação, com a utilização da escala diagramática de 1 a 9, proposta por Singh, Schwartz e Steadman (2014). A nota 1 indica nenhum sinal de infecção; nota 2, entrenó infectado, mas a invasão do patógeno e os sintomas de mofo-branco não chegam ao primeiro nó depois da inoculação; nota 3, entrenó infectado, e invasão do patógeno e sintomas de mofo-branco param no primeiro nó depois da inoculação; nota 4, a invasão do patógeno se move além do primeiro nó depois da inoculação, mas os sintomas do mofo-branco param em  $\leq 50\%$  do comprimento do segundo entrenó; nota 5, a infecção do segundo entrenó se move  $>50\%$  do comprimento, mas os sintomas

do mofo-branco não chegam ao segundo nó depois da inoculação; nota 6, a infecção do segundo entrenó e os sintomas do mofo-branco param no segundo nó depois da inoculação; nota 7, a invasão do patógeno se move além do segundo nó após a inoculação, mas os sintomas do mofo-branco param em  $\leq 50\%$  do comprimento do terceiro entrenó; nota 8, a infecção do terceiro entrenó se move  $>50\%$  do comprimento, mas os sintomas do mofo-branco não chegam ao terceiro nó após a inoculação e nota 9, a infecção do terceiro entrenó e os sintomas do mofo-branco tanto alcançam como passam o terceiro nó depois da inoculação, levando a eventual morte da planta. Neste caso, também foram consideradas resistentes as plantas com notas inferiores ou iguais a 3, moderadamente resistentes com notas maiores que 3 e menores ou iguais a 6, e susceptíveis com notas superiores a 6 (PAULA JÚNIOR et al., 2012).

### **3.2 Teste de patogenicidade de linhagens monoascospóricas de *S. sclerotiorum***

Foram obtidas e avaliadas 11 linhagens monoascospóricas do isolado UFLA 54 de *S. sclerotiorum* (Tabela 2). As linhagens monoascospóricas foram obtidas a partir de apotécios por micromanipulação.

Um teste de patogenicidade foi realizado para cada linhagem e para o isolado UFLA 54. Foram utilizadas as linhagens de feijão Cornell 605 e Talismã, que são moderadamente resistentes, e Corujinha, suscetível (LEHNER et al., 2016a; LEITE et al., 2014; SILVA et al., 2014). O teste de patogenicidade consistiu em 12 experimentos conduzidos em casa de vegetação, realizados simultaneamente, em que todos tinham as três linhagens, tendo sido realizada a inoculação de um isolado por experimento.

Tabela 2 - Relação das linhagens monoascospóricas do isolado UFLA 54 de *S. sclerotiorum*.

<b>Apotécio 1</b>	<b>Apotécio 2</b>	<b>Apotécio 3</b>	<b>Apotécio 4</b>
Mono 1.1*	Mono 2.1*	Mono 3.1*	Mono 4.1*
Mono 1.2*	Mono 2.2*	Mono 3.2*	Mono 4.2*
	Mono 2.3*		Mono 4.3*
	Mono 2.4*		

\*O primeiro número se refere ao apotécio, e o segundo ao ascósporo.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com três repetições. A parcela foi constituída por um vaso de três litros, com três plantas por vaso. As plantas inoculadas foram mantidas em alta umidade (>75%) e temperaturas moderadamente baixas (<25°C) (SINGH; SCHWARTZ; STEADMAN, 2014).

A avaliação da reação de resistência das cultivares do feijoeiro ao mofo-branco foi realizada sete dias após a inoculação, com a utilização da escala diagramática de 1 a 9, proposta por Singh, Schwartz e Steadman (2014). Plantas com notas inferiores ou iguais a 3 foram consideradas resistentes, moderadamente resistentes com notas maiores que 3 e menores ou iguais a 6, e susceptíveis com notas superiores a 6 (PAULA JÚNIOR et al., 2012).

### 3.3 Método de inoculação

Em todos os experimentos, para a obtenção de micélio para a inoculação, discos de ágar colonizados com micélio de cada isolado de *S. sclerotiorum* foram transferidos para placas contendo meio BDA e estas foram mantidas a 22 °C, por quatro dias. Discos de meio colonizados pelo patógeno foram retirados das bordas das colônias por meio da utilização de ponteiros plásticos de micropipeta, para que fosse realizada a inoculação.

O método utilizado para a inoculação nos experimentos foi o *Straw test*, que consiste em cortar o ápice da haste principal da planta e inoculá-lo com um canudo contendo o micélio do fungo. Neste estudo, o canudo foi substituído pelas ponteiras plásticas.

No experimento realizado no campo, a inoculação foi realizada aos 42 dias após a semeadura, assim como a inoculação do experimento com as linhagens monoascospóricas de *S. sclerotiorum*. Já no experimento conduzido na casa de vegetação, a inoculação foi realizada aos 28 dias após a semeadura.

### 3.4 Análise dos dados

Os dados médios das notas por parcela foram submetidos às análises de variância individual e conjunta e foram comparados pelo teste de Scott Knott, a  $P \leq 0,05$ , com o auxílio do programa GENES.

Uma análise por meio da adaptação do método do dialelo parcial proposto por Melo e Santos (1999) foi realizada. Para isso, utilizaram-se as médias, os graus de liberdade e os quadrados médios dos erros das análises conjuntas de cada experimento, os quais permitiram a obtenção do dialelo parcial e, conseqüentemente, das estimativas da capacidade geral de reação (CGR), da capacidade geral de agressividade (CGA) e da capacidade específica de interação (CEI), as quais foram testadas pelo teste T, em cada um dos experimentos. As análises dialélicas foram realizadas com o auxílio do software SAS, conforme o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ij} = \mu + r_i + a_j + s_{ij} + e_{ij}$$

em que

$Y_{ij}$ : severidade da doença do  $i$  ésimo hospedeiro, infectado pelo  $j$  ésimo isolado;

$\mu$ : severidade média da doença de todos os hospedeiros inoculados com todos os isolados;

$r_i$ : capacidade geral de reação (CGR) ou o nível de resistência horizontal relativo do  $i$  ésimo hospedeiro;

$a_j$ : capacidade geral de agressividade (CGA) ou o nível de agressividade relativo do  $j$  ésimo isolado;

$s_{ij}$ : capacidade específica de reação (CER) ou resistência vertical do  $i$  ésimo hospedeiro à  $j$  ésimo isolado e;

$e_{ij}$ : erro experimental associado à observação  $Y_{ij}$ .

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Reação de cultivares do feijoeiro a isolados de *S. sclerotiorum* avaliadas em campo e em casa de vegetação

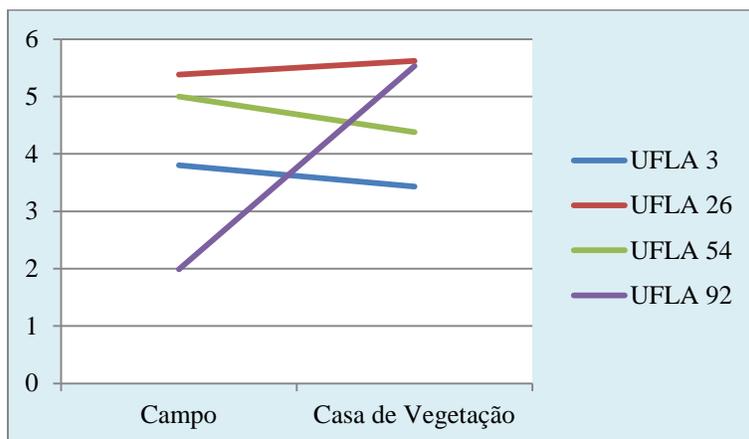
Na análise de variância conjunta das médias das notas da reação das 14 cultivares de feijoeiro aos quatro isolados de *S. sclerotiorum* dos experimentos conduzidos no campo e na casa de vegetação, as fontes de variação ambientes, isolados e a interação ambientes x isolados foram significativas. Portanto, houve diferença entre as avaliações realizadas no campo e em casa de vegetação (Tabela 3). De maneira geral, os isolados UFLA 3 e UFLA 26 apresentaram comportamento semelhante em ambos os experimentos (Tabela 5). O desdobramento da interação ambientes x isolados mostra que ela foi do tipo complexa, devido ao comportamento do isolado UFLA 92 (Figura 1).

Tabela 3 - Resumo da análise de variância conjunta das médias das notas da reação das 14 cultivares de feijoeiro aos quatro isolados de *S. sclerotiorum*, avaliadas em campo e em casa de vegetação.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>QM</b>	<b>F</b>
<b>Cultivares (C)</b>	13	2,09	4,17
<b>Ambientes (A)</b>	1	40,82	81,64**
<b>Isolados (I)</b>	3	64,41	128,82**
<b>C x A</b>	13	2,22	4,44
<b>C x I</b>	39	1,35	2,69
<b>A x I</b>	3	77,88	155,74**
<b>C x A x I</b>	39	0,96	1,88
<b>Erro</b>	110	0,50	
<b>Média</b>	4,39		
<b>CV(%)</b>	16,12		

\*\* significativo a 1 % de probabilidade, pelo teste de F

Figura 1 - Gráfico da interação ambientes x isolados da análise de variância conjunta dos experimentos conduzidos no campo e na casa de vegetação.



No experimento conduzido no campo, as fontes de variação isolados e a interação cultivares x isolados foram significativas na análise de variância das médias das notas da reação das 14 cultivares aos quatro isolados de *S. sclerotiorum*. Isso indica que houve diferença entre os níveis de agressividade dos isolados e que esta reação não foi coincidente em todas as cultivares avaliadas (Tabela 4). De maneira geral, o isolado UFLA92 foi o menos agressivo, porém, somente o UFLA 3 discriminou a reação das cultivares (Tabela 5).

No experimento conduzido na casa de vegetação, as fontes de variação cultivares, isolados e a interação cultivares x isolados foram significativas na análise de variância das médias das notas da reação das 14 cultivares aos quatro isolados de *S. sclerotiorum* (Tabela 4). O isolado UFLA 3 não discriminou as cultivares de feijoeiro quanto à reação ao patógeno (Tabela 5).

Os coeficientes de variação experimental (CV%) das análises individuais para cada isolado variaram de 12,60% (UFLA 54) a 21,73% (UFLA

92), no experimento realizado no campo, e de 14,64% (UFLA 3) a 17,05% (UFLA 54), quando inoculados na casa de vegetação (Tabela 5).

Tabela 4 - Resumo das análises de variância das médias das notas da reação das 14 cultivares de feijoeiro aos quatro isolados de *S. sclerotiorum*, avaliadas em campo e em casa de vegetação.

FV	GL	Campo		Casa de Vegetação	
		QM	F	QM	F
<b>Cultivares (C)</b>	13	0,59	1,44	3,71	6,27**
<b>Isolados (I)</b>	3	97,09	65,77**	45,19	24,06**
<b>C x I</b>	39	0,71	1,72*	1,58	2,66**
<b>Erro</b>	104	0,41		0,59	
<b>Média</b>		4,04		4,74	
<b>CV(%)</b>		15,84		16,23	

\*\* e \*significativo a 1% e a 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Tabela 5 - Médias da reação de cada cultivar de feijoeiro aos quatro isolados de *S. sclerotiorum* e coeficientes de variação experimental (CV%) das análises de variância individuais por isolado de *S. sclerotiorum*, avaliadas em campo e em casa de vegetação.

<b>Campo</b>				
<b>Cultivares</b>	<b>UFLA 3</b>	<b>UFLA 26</b>	<b>UFLA 54</b>	<b>UFLA 92</b>
BRSMG Majestoso	3,6 C	5,9 A	4,8 A	2,1 A
BRSMG Uai	5,6 A	5,4 A	4,9 A	2,3 A
BRS Radiante	4,3 B	5,4 A	4,5 A	1,9 A
BRS Esplendor	3,8 C	5,1 A	4,5 A	1,7 A
BRS Valente	3,6 C	4,9 A	5,6 A	1,9 A
Ouro Negro	3,9 C	5,7 A	5,6 A	1,9 A
BRS Campeiro	4,4 B	5,4 A	5,0 A	1,9 A
BRSMG Tesouro	3,8 C	4,9 A	4,8 A	2,1 A
BRSMG Talismã	2,5 C	5,2 A	5,2 A	1,9 A
BRSMG União	3,4 C	5,1 A	4,7 A	2,2 A
BRS Cometa	3,2 C	6,1 A	5,2 A	1,9 A
Pérola	3,5 C	6,4 A	4,8 A	1,9 A
BRS Estilo	4,2 B	4,8 A	4,9 A	1,8 A
RP2	3,4 C	4,9 A	5,4 A	2,3 A
<b>CV (%)</b>	14,7	16,1	12,6	21,7
<b>Média</b>	3,8 (2,5 – 5,6)	5,4 (4,8 – 6,4)	5,00 (4,5 – 5,6)	1,9 (1,7 – 2,3)
<b>Casa de Vegetação</b>				
BRSMG Majestoso	3,4 A	6,8 A	4,9 A	6,5 A
BRSMG Uai	4,1 A	6,3 A	3,7 B	5,8 A
BRS Radiante	3,0 A	4,7 B	4,7 A	4,3 B
BRS Esplendor	3,4 A	6,3 A	4,4 A	5,6 A
BRS Valente	3,6 A	5,8 B	3,8 B	5,7 A
Ouro Negro	3,4 A	5,0 B	4,8 A	3,3 B
BRS Campeiro	3,5 A	3,3 C	3,6 B	3,3 B
BRSMG Tesouro	3,5 A	5,1 B	3,8 B	6,3 A
BRSMG Talismã	3,1 A	5,3 B	3,8 B	4,9 A
BRSMG União	3,2 A	6,7 A	3,3 B	6,2 A
BRS Cometa	3,4 A	6,0 A	5,0 A	5,9 A
Pérola	3,6 A	5,3 B	4,9 A	6,8 A
BRS Estilo	3,5 A	5,0 B	5,4 A	6,7 A
RP2	3,4 A	7,0 A	5,2 A	6,0 A
<b>CV (%)</b>	14,6	16,0	17,1	15,63
<b>Média</b>	3,4 (3,0 – 4,1)	5,6 (3,3 – 7,0)	4,4 (3,3 – 5,4)	5,5 (3,3 – 6,8)

\*Médias seguidas da mesma letra na mesma coluna para cada ambiente pertencem ao mesmo grupo, de acordo como o teste de Scott-Knott, a 5%.

#### **4.2 Avaliação da resistência genética de cultivares de feijoeiro e da agressividade de isolados de *S. sclerotiorum* em campo e em casa de vegetação**

Os resultados obtidos na análise dialélica confirmaram os resultados da ANAVA obtidos no experimento conduzido no campo, em relação aos níveis de agressividade dos isolados e da reação de resistência das cultivares de feijoeiro (Tabelas 4 e 6). Além disso, foram estimadas a CGA dos quatro isolados avaliados, confirmando o menor nível de agressividade do isolado UFLA 92 (Tabela 7). As estimativas da CEI foram estimadas e estão apresentadas na Tabela 8. Pode-se observar que apenas seis (10,71%) das 56 combinações foram significativas.

A análise dialélica dos dados obtidos no experimento conduzido em casa de vegetação também confirmaram os resultados da ANAVA (Tabelas 4 e 6). Foi possível estimar a CGA dos quatro isolados avaliados e a CGR das cultivares (Tabelas 7 e 9). As estimativas da CEI foram estimadas e estão apresentadas na Tabela 9. Neste experimento, 12 (21,43%) das 56 combinações da CEI foram significativas.

Tabela 6 - Resumo da análise de variância do esquema de dialelo parcial para a reação das cultivares de feijoeiro inoculadas com os quatro isolados de *S. sclerotiorum*, no campo e em casa de vegetação.

<b>Campo</b>			
<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>QM</b>	<b>Pr (&gt;F)</b>
<b>CGA</b>	3	97,09	0,00**
<b>CGR (RH)</b>	13	0,59	0,15
<b>CEI (RV)</b>	39	0,71	0,02*
<b>Erro</b>	110	0,41	
<b>Média</b>	4,04		
<b>Casa de vegetação</b>			
<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>QM</b>	<b>Pr (&gt;F)</b>
<b>CGA</b>	3	45,21	0,00**
<b>CGR (RH)</b>	13	3,7126	0,00**
<b>CEI (RV)</b>	39	1,58	0,00**
<b>Erro</b>	110	1,05	
<b>Média</b>	4,74		

\*\* e \*significativo a 1% e a 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Tabela 7 - Estimativas da capacidade geral de agressividade (CGA) dos quatro isolados de *S. sclerotiorum*, nos experimentos realizados no campo e na casa de vegetação.

<b>Isolados</b>	<b>Campo</b>	<b>Casa de Vegetação</b>
	<b>CGA</b>	<b>CGA</b>
UFLA 3	-0,24**	-1,31**
UFLA 26	1,33**	0,88**
UFLA 54	0,95**	-0,36**
UFLA 92	-2,05**	0,79**

\*\* e \*significativo a 1% e a 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste T.

Tabela 8 - Estimativas da capacidade específica de interação (CEI) da reação das 14 cultivares de feijoeiro com os quatro isolados de *S. sclerotiorum*, no experimento realizado no campo.

Cultivares	UFLA 3	UFLA 26	UFLA 54	UFLA 92
BRSMG Majestoso	-0,27	0,48	-0,24	0,03
BRSMG Uai	1,30**	-0,48	-0,59	-0,22
BRS Radiante	0,53	0,04	-0,48	-0,08
BRS Esplendor	0,27	-0,03	-0,20	-0,04
BRS Valente	-0,13	-0,44	0,62*	-0,05
Ouro Negro	-0,08	0,06	0,38	-0,35
BRS Campeiro	0,44	-0,16	-0,12	-0,16
BRSMG Tesouro	0,08	-0,26	-0,10	0,28
BRSMG Talismã	-0,94**	0,12	0,54	0,29
BRSMG União	-0,24	-0,09	-0,07	0,41
BRS Cometa	-0,68*	0,66*	0,16	-0,14
Pérola	-0,43	0,89**	-0,29	-0,18
BRS Estilo	0,53	-0,44	-0,02	-0,07
RP2	-0,36	-0,35	0,41	0,29

\*\* e \*significativo a 1% e a 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste T.

Tabela 9 - Estimativas da capacidade geral de reação (CGR) e estimativas da capacidade específica de interação (CEI) da reação das 14 cultivares de feijoeiro aos quatro isolados de *S. sclerotiorum*, no experimento realizado na casa de vegetação.

Cultivares	CGR	CEI			
		UFLA 3	UFLA 26	UFLA 54	UFLA 92
BRSMG	0,67**	-0,71	0,49		
Majestoso				-0,08	0,29
BRSMG Uai	0,24	0,41	0,48	-0,95*	0,06
BRS Radiante	-0,56**	0,13	-0,33	0,85*	-0,64
BRS Esplendor	0,20	-0,19	0,51	-0,14	-0,17
BRS Valente	-0,04	0,17	0,21	-0,56	0,18
Ouro Negro	-0,60**	0,61	-0,01	1,00**	-1,59**
BRS Campeiro	-1,31**	1,37**	-0,97*	0,48	-0,89*
BRSMG Tesouro	-0,07	0,09	-0,44		
BRSMG				-0,53	0,88*
Talismã	-0,43*	0,10	0,06		
BRSMG União	0,11	-0,37	0,95*	-1,16**	0,58
BRS Cometa	0,34	-0,34	0,04	0,28	0,02
Pérola	0,39	-0,27	-0,69	0,11	0,85*
BRS Estilo	0,41	-0,35	-1,03**	0,65	0,73
RP2	0,66**	-0,66	0,72	0,13	-0,19

\*\* e \*significativo a 1% e a 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste T.

### 4.3 Avaliação da resistência genética de linhagens de feijoeiro e da agressividade de linhagens monoascospóricas do isolado UFLA54 de *S. sclerotiorum*

Na análise de variância das médias das notas da reação das três linhagens de feijoeiro às 11 linhagens monoascospóricas e do isolado UFLA 54 de *S. sclerotiorum*, as fontes de variação linhagens, isolados e a interação linhagens x isolados foram significativas. O coeficiente de variação foi de 17,01%. De maneira geral, as linhagens Corujinha e Talismã apresentaram reações semelhantes às dos isolados avaliados. A reação média de agressividade das 11 linhagens monoascospóricas e do isolado UFLA 54 é apresentada na Tabela 10.

Tabela 10 - Médias da reação de cada linhagem de feijoeiro às 11 linhagens monoascospóricas e ao isolado UFLA 54 de *S. sclerotiorum*.

<b>Linhagens/Isolado*</b>	<b>Cornell 605</b>	<b>Corujinha</b>	<b>Talismã</b>
Mono 1.1	2,90 <b>A</b>	4,10 <b>B</b>	4,47 <b>A</b>
Mono 1.2	3,43 <b>A</b>	3,73 <b>B</b>	3,90 <b>A</b>
Mono 2.1	2,23 <b>B</b>	3,23 <b>B</b>	3,67 <b>A</b>
Mono 2.2	2,60 <b>B</b>	4,17 <b>B</b>	4,33 <b>A</b>
Mono 2.3	2,07 <b>B</b>	3,43 <b>B</b>	3,33 <b>A</b>
Mono 2.4	2,17 <b>B</b>	3,80 <b>B</b>	3,63 <b>A</b>
Mono 3.1	2,80 <b>A</b>	4,77 <b>B</b>	4,07 <b>A</b>
Mono 3.2	3,00 <b>A</b>	6,20 <b>A</b>	4,27 <b>A</b>
Mono 4.1	3,27 <b>A</b>	5,57 <b>A</b>	4,60 <b>A</b>
Mono 4.2	2,97 <b>A</b>	4,63 <b>B</b>	4,40 <b>A</b>
Mono 4.3	3,57 <b>A</b>	6,17 <b>A</b>	4,60 <b>A</b>
UFLA 54*	2,23 <b>B</b>	7,00 <b>A</b>	3,77 <b>A</b>

\*Médias seguidas de mesma letra em cada coluna pertencem ao mesmo grupo, de acordo como o teste de Scott-Knott, a 5%.

Os resultados da análise dialélica dos dados confirmaram os resultados da ANAVA em relação aos níveis de agressividade dos isolados e da reação de resistência das linhagens (Tabela 11). Além disso, foi estimada a CGA das 11

linhagens monoascospóricas e do isolado UFLA 54, tendo as linhagens Mono 2.3 e Mono 4.3 apresentado o menor e o maior nível de agressividade, respectivamente (Tabela 12). A CGR das linhagens de feijoeiro também foi estimada, tendo as linhagens Corujinha e Cornell 605 apresentado a maior e a menor estimativa, respectivamente (Tabela 13). Das 36 combinações da CEI, apenas 8 (22,22%) foram significativas (Tabela 13).

Tabela 11 - Resumo da análise de variância do esquema de dialelo parcial para a reação das linhagens de feijoeiro inoculadas com as 11 linhagens monoascospóricas e com o isolado UFLA 54 de *S. sclerotiorum*.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>QM</b>	<b>Pr (&gt;F)</b>
<b>CGA</b>	11	3,17	0,00**
<b>CGR (RH)</b>	2	36,04	0,00**
<b>CEI (RV)</b>	22	1,34	0,00**
<b>Erro</b>	72	0,43	
<b>Média</b>	3,86		

\*\* significativo a 1% de probabilidade, pelo teste de F

Tabela 12 - Estimativas da capacidade geral de agressividade (CGA) das 11 linhagens monoascospóricas e do isolado UFLA 54 *S. sclerotiorum*.

<b>Isolados/Linhagem</b>	<b>CGA</b>	<b>Isolados/Linhagem</b>	<b>CGA</b>
Mono 1.1	-0,04	Mono 3.1	0,02
Mono 1.2	-0,18	Mono 3.2	0,63**
Mono 2.1	-0,82**	Mono 4.1	0,62**
Mono 2.2	-0,16	Mono 4.2	0,14
Mono 2.3	-0,92**	Mono 4.3	0,92**
Mono 2.4	-0,66**	UFLA 54*	0,47*

\*\* e \*significativo a 1% e a 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste T.

Tabela 13 - Estimativas da capacidade específica de interação (CEI) e da capacidade geral de reação (CGR) da reação das três linhagens de feijoeiro às 11 linhagens monoascospóricas e ao isolado UFLA 54 *S. sclerotiorum*.

<b>Linhagens/Isolado*</b>	<b>Cornell 605</b>	<b>Corujinha</b>	<b>Talismã</b>
Mono 1.1	0,17	-0,59*	0,42
Mono 1.2	0,84**	-0,83**	-0,01
Mono 2.1	0,28	-0,68*	0,40
Mono 2.2	-0,01	-0,40	0,41
Mono 2.3	0,22	-0,38	0,16
Mono 2.4	0,06	-0,27	0,21
Mono 3.1	0,01	0,02	-0,03
Mono 3.2	-0,39	0,84**	-0,44
Mono 4.1	-0,12	0,22	-0,10
Mono 4.2	0,06	-0,24	0,18
Mono 4.3	-0,12	0,52	-0,40
UFLA 54*	-1,01**	1,79**	-0,79**
<b>CGR</b>	<b>-1,09**</b>	<b>0,87**</b>	<b>0,22*</b>

\*\* e \*significativo a 1% e a 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste T.

## 5 DISCUSSÃO

O mofo-branco é considerado, atualmente, a doença mais destrutiva do feijoeiro no Brasil, podendo as perdas ser totais na produção desta cultura quando as condições ambientais são favoráveis. A utilização de níveis adequados de resistência da planta hospedeira é fundamental para o controle efetivo da doença. Progênies com certos níveis de resistência fisiológica já foram identificadas, entretanto, a resistência completa a *S. sclerotiorum* é inexistente no feijoeiro. Além disso, o desenvolvimento de cultivares resistentes, na maioria dos casos, tem sido lento e localizado (GONÇALVES; SANTOS, 2008; PAULA JÚNIOR et al., 2012; SCHWARTZ; SINGH, 2013). A maioria das cultivares de feijoeiro avaliadas neste trabalho está registrada no Ministério da Agricultura e é recomendada para o cultivo. Estas cultivares apresentam características agronômicas desejáveis e, portanto, é importante conhecer sua reação a *S. sclerotiorum*.

As estimativas do coeficiente de variação obtidas em todas as ANAVA foram de magnitudes semelhantes das que têm sido relatadas na literatura (SILVA et al., 2014). Os resultados obtidos da reação das cultivares e da agressividade dos isolados indicam que as condições ambientais de avaliação, isto é, em campo e em casa de vegetação, influenciaram a severidade do mofo-branco. Devido à significância da interação ambientes x isolados (Tabela 3), procedeu-se à avaliação da reação das cultivares e da agressividade dos isolados para cada condição ambiental de avaliação separadamente.

No experimento conduzido no campo, não houve diferença significativa entre as cultivares de feijoeiro avaliadas (Tabela 4). A reação das cultivares foi semelhante para todos os isolados, à exceção do isolado UFLA 3. A pequena amplitude de variação entre as notas de severidade dos isolados confirma este resultado (Tabela 5). Além disso, pode ser observado que, apesar da

agressividade moderada do isolado UFLA3, houve variação na reação das cultivares a este isolado, o que permitiu a separação delas em três grupos diferentes (Tabela 5). Este isolado foi utilizado na avaliação de 11 linhagens de retrocruzamento de feijoeiro em um estudo realizado por Silva et al. (2014) em campo, apresentando nota média para a severidade de 5,15, superior à obtida no presente trabalho (3,8). Portanto, as linhagens apresentaram reação moderadamente resistente a esse isolado nos dois estudos. De acordo com Paula Júnior et al. (2012), plantas com notas de 1 a 3 são consideradas resistentes; de 3,1 a 6, moderadamente resistentes e superiores a 6, suscetíveis a *S. sclerotiorum*. Considerando este critério, no presente estudo, as cultivares avaliadas seriam consideradas moderadamente resistentes a todos os isolados, exceto para o isolado UFLA 92, pois, neste caso, todas as cultivares foram resistentes.

Já no experimento em casa de vegetação, houve diferença na reação das cultivares aos diferentes isolados de *S. sclerotiorum*, havendo também interação entre cultivares x isolados (Tabela 4). Todos os isolados avaliados permitiram a discriminação entre as cultivares, à exceção do isolado UFLA 3. Este isolado, como já comentado, foi o único a discriminar as cultivares na avaliação em campo. Além disso, o isolado UFLA 92 foi um dos mais agressivos em casa de vegetação, permitindo separar as cultivares em dois grupos. No entanto, quando avaliadas em campo, todas as cultivares se apresentaram resistentes a ele. Este resultado indica que, no campo, as condições ambientais não permitiram a expressão da agressividade do isolado UFLA92 (Tabela 5). Discrepâncias entre a agressividade de isolados de *S. sclerotiorum* avaliados em campo e em casa de vegetação têm sido observadas (LEITE et al., 2016; SILVA et al., 2014). Os resultados encontrados no presente trabalho indicam inversão no comportamento dos isolados quando avaliados nos dois ambientes, apresentando interação do tipo complexa, quando está envolvido o isolado UFLA 92 (Figura 1).

Como mencionado anteriormente, o isolado UFLA 92 apresentou um menor nível de agressividade no experimento conduzido no campo. Entretanto, no experimento conduzido em casa de vegetação, onde as condições ambientais para o desenvolvimento do fungo são controladas e ideais, este isolado foi um dos mais agressivos. Carneiro et al. (2011), no entanto, utilizaram o método do *Straw test* para avaliar a reação de 13 cultivares de feijão a seis isolados de *S. sclerotiorum* no campo e não encontraram nenhuma interação significativa entre os isolados e as cultivares.

A ausência de correlação entre as avaliações no campo e em casa de vegetação pode dificultar a seleção de fontes de resistência nos bancos de germoplasma de progênies resistentes em programas de melhoramento visando resistência, bem como na identificação de QTLs para uso na seleção assistida (SCHWARTZ; SINGH, 2013). Miklas et al. (2001) identificaram um QTL principal que foi responsável por 38% da variação na resistência ao mofo-branco no *Straw test* em casa de vegetação e 26% da variação no teste de campo. O papel e a importância relativa de QTLs de resistência ao mofo-branco que são detectados apenas em casa de vegetação não são compreendidos claramente no que diz respeito ao seu impacto nos sistemas de produção em campo. Pode ser que eles condicionem resistência fisiológica para as plantas nas primeiras fases de crescimento vegetativo, quando é relativamente difícil de medir os efeitos no campo. No entanto, as avaliações em casa de vegetação e em campo são necessárias para a obtenção de altos níveis de resistência ao mofo-branco (SCHWARTZ; SINGH, 2013). Leite et al. (2016), avaliando progênies de feijoeiro de diferentes ciclos de seleção recorrente visando à resistência a *S. sclerotiorum*, observaram alta correlação ( $r=80\%$ ) entre os resultados obtidos em campo e em casa de vegetação. Embora tenha havido diferença, as melhores e as piores progênies mantiveram seus desempenhos nos dois experimentos. A presença de correlação positiva entre as avaliações em campo e em casa de

vegetação tem sido observada em outros trabalhos (SOULE et al., 2011; STEADMAN et al., 2001).

As variações na correlação entre resultados obtidos sob condições controladas e de campo podem ser devido, em parte, às diferenças no modo de defesa das cultivares. Algumas podem variar suas estratégias de defesa, dependendo das condições ambientais ou do método de avaliação empregado (PENNYPACKER; RISIUS, 1999; WEGULO; YANG; MARTINSON, 1998). No entanto, verifica-se que a principal causa da variação na severidade da doença nestes ambientes de avaliação, no presente trabalho, foi devido à diferença no nível de agressividade dos isolados.

A resistência genética ao mofo-branco na cultura do feijoeiro tem herança quantitativa e é complexa, uma vez que a planta tem mecanismos fisiológicos de resistência, assim como mecanismos de escape que criam um microclima menos propício para o desenvolvimento do patógeno (KOLKMAN; KELLY, 2000). Sendo assim, uma das razões das inconsistências entre os resultados encontrados nos experimentos realizados na casa de vegetação e no campo é que, provavelmente, os resultados obtidos no campo são advindos da combinação da resistência fisiológica e dos mecanismos de escape (KIM et al., 2000). No entanto, as condições ambientais no campo podem não ter sido as ideais para o desenvolvimento da doença. Alguns autores relataram maior herdabilidade para a resistência fisiológica com base em testes de casa de vegetação do que em avaliações de campo, com baixas correlações entre as duas condições experimentais (CHUNG; SASS; NIENHUIS, 2008; SOULE et al., 2011).

A ausência de resistência completa a *S. sclerotiorum* em feijão é uma das causas da dificuldade na busca de estratégias para a identificação de genótipos com um bom nível de resistência ao patógeno (BOLTON; THOMMA; NELSON, 2006; OTTO-HANSON; STEADMAN; HIGGINS,

2011). No presente estudo, quando avaliadas em casa de vegetação, as cultivares BRS Campeiro, BRS Radiante, BRSMG Talismã, Ouro Negro, BRSMG Uai, BRSMG Tesouro e BRSMG União apresentaram notas médias mais baixas. No entanto, a cultivar BRS Campeiro, que apresentou nota média de menor magnitude (3,43), é considerada moderadamente resistente (PAULA JÚNIOR et al., 2012). Dessa forma, embora existam diferenças na reação das cultivares, quando avaliadas na casa de vegetação, nenhuma delas apresentou alto nível de resistência ao patógeno.

Os resultados deste trabalho mostram como as condições ambientais influenciam a agressividade dos isolados de *S. sclerotiorum*. Os isolados avaliados mostraram diferenças nos níveis de agressividade nos experimentos conduzidos no campo e em casa de vegetação (Tabelas 4 e 5). O mesmo resultado é observado na análise conjunta dos dois experimentos (Tabela 3). Além disso, a interação experimentos x isolados foi significativa, comprovando que os isolados apresentaram comportamento diferente nos dois locais de avaliação. O isolado UFLA 26 apresentou o maior nível de agressividade tanto no experimento conduzido no campo, como no experimento realizado em casa de vegetação (Figura 1). A resposta de genótipos ao mofo-branco varia dependendo do isolado utilizado e do ambiente de avaliação (OTTO-HANSON; STEADMAN; HIGGINS, 2011; STEADMAN et al., 2006). É necessária a utilização de isolados mais agressivos para identificar níveis de resistência mais elevados e para caracterizar a resistência das linhagens (KULL et al., 2003). Portanto, o isolado UFLA 26 é recomendado para ser utilizado em experimentos que buscam a identificação de genótipos resistentes a *S. sclerotiorum*, uma vez que não demonstra tanta sensibilidade às alterações das condições ambientais, mantendo seu alto nível de agressividade.

Na análise dialéctica dos dados obtidos no experimento de campo, 89% da variação observada foram devido à capacidade geral de agressividade (CGA)

(Tabela 6). A estimativa da CGA do isolado UFLA 92 foi a menor encontrada neste experimento, e seu valor foi de -2,05 (Tabela 7), o que confirma o seu baixo nível de agressividade. No entanto, para o isolado UFLA 26, a estimativa foi de 1,33, confirmando sua agressividade superior. A capacidade específica de interação (CEI), apesar de ter sido significativa, explicou apenas 8% da variação total (Tabela 6).

A capacidade geral de agressividade (CGA) também foi responsável pela maior parte (55%) da variação observada na análise dialética dos dados do experimento em casa de vegetação (Tabela 6). O isolado UFLA 92 apresentou o valor de 0,79 para a CGA (Tabela 7), o que indica maior nível de agressividade em relação ao valor obtido no campo. Como observado no experimento de campo, o isolado UFLA 26 também apresentou maior nível de agressividade (CGA = 0,88). Na comparação com o experimento realizado no campo, a capacidade geral de reação (CGR) e a capacidade específica de interação (CEI) apresentaram contribuição superior, sendo de 20% e 25% para a variação total, respectivamente (Tabela 6).

O comportamento das linhagens monoascósporas de *S. sclerotiorum* não foi coincidente nas três linhagens de feijoeiro (Tabela 10). As linhagens Mono 1.2, Mono 4.1 e Mono 4.3 foram agressivas na cultivar Cornell 605 (padrão de resistência), que foi classificada como moderadamente resistente. No entanto, a reação desta linhagem de feijoeiro foi de resistência ao isolado UFLA54. Segundo Lehner et al. (2016a), a linhagem de feijoeiro Cornell 605 foi a fonte com melhor nível de resistência e mais estável em avaliação com isolados diferentes de *S. sclerotiorum*, quando comparada com as fontes de resistência A195 e G122. A reação da cultivar Corujinha (padrão de suscetibilidade) foi de moderadamente resistente, para a maioria das linhagens monoascósporas e de suscetibilidade ao isolado UFLA 54. Neste caso, observa-se que o isolado foi mais agressivo que a maioria das linhagens

monoascospóricas. Já a cultivar Talismã, que foi suscetível no trabalho de Leite et al. (2014), foi classificada como moderadamente resistente, sendo a agressividade de todas as linhagens e do isolado UFLA 54 semelhante. Assim, dentre as linhagens de feijoeiro avaliadas no presente trabalho, a Talismã não deveria ser utilizada em testes de agressividade de isolados, uma vez que não propiciou a discriminação nos níveis de agressividade. Este fato também foi observado por Lehner et al. (2016b) entre as linhagens utilizadas em um teste de agressividade de isolados de *S. sclerotiorum*.

Diversos autores também têm avaliado a agressividade de isolados de *S. sclerotiorum* (ABREU; SOUZA, 2015; ATALLAH et al., 2004; OTTO-HANSON; STEADMAN; HIGGINS, 2011) e resultados contrastantes têm sido obtidos. Contudo, é importante enfatizar que, nesses trabalhos, a agressividade dentro de isolados não tem sido avaliada, como foi realizado no presente trabalho.

A avaliação da reação das três linhagens de feijoeiro às linhagens monoascospóricas e ao isolado UFLA 54, por meio da adaptação do método do dialelo parcial proposto por Melo e Santos (1999), foi eficiente, uma vez que foi possível estimar a CGA das linhagens monoascospóricas e do isolado UFLA 54, confirmando o maior nível de agressividade das linhagens Mono 4.1 e Mono 4.3 (Tabela 12). A estimativa da CGR das linhagens de feijoeiro confirmou que a linhagem Cornell 605 é a mais resistente dentre as linhagens avaliadas, assim como a linhagem Corujinha é a mais susceptível (Tabela 13). Apenas 22% das combinações da CEI foram significativas, o que confirma a predominância da resistência horizontal. Nesta avaliação, a maior parte da variação encontrada foi devido à capacidade geral de reação (CGR) das linhagens de feijoeiro (53%). A contribuição da CGA e da CEI para a variação foi de 26% e 21%, respectivamente (Tabela 11).

A ocorrência de interação hospedeiro x patógeno de pequena magnitude, como ocorreu em todos os experimentos do presente estudo, é compatível com a predominância da resistência horizontal (PARLEVLIET, 1981). Silva et al. (2014) também encontraram pequena diferença significativa para a CEI na reação de linhagens de feijoeiro a isolados de *S. sclerotiorum*.

Neste trabalho, ficou evidente a eficácia da avaliação por meio da adaptação do método do dialelo parcial proposto por Melo e Santos (1999), uma vez que mostrou a capacidade geral de agressividade dos isolados em todos os experimentos, assim como a capacidade geral de reação das cultivares/linhagens de feijoeiro em ambos os experimentos realizados em casa de vegetação.

## 6 CONCLUSÕES

- a) Entre as cultivares de feijoeiro avaliadas não foram identificadas cultivares com elevado nível de resistência ao mofo-branco.
- b) A variação encontrada na reação das cultivares para a severidade do mofo-branco, nas avaliações no campo e em casa de vegetação, foi devido, principalmente, à diferença na agressividade dos isolados de *S. sclerotiorum*.
- c) As linhagens monoascospóricas obtidas a partir do isolado UFLA 54 apresentaram variabilidade em sua agressividade.



## REFERÊNCIAS

- ABAWI, G. S.; GROGAN, R. G. Epidemiology of diseases caused by *Sclerotinia* species. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 69, n. 8, p. 899-904, 1979.
- ABREU, M. J.; SOUZA, E. A. Investigation of *Sclerotinia sclerotiorum* strains variability in Brazil. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v. 14, n. 2, p. 6879-6896, 2015.
- ADAMS, P. B.; AYERS, W. A. Ecology os sclerotinia species. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 69, n. 8, p. 896-899, 1979.
- ADUGNA, A. Alternate approaches in deploying for disease resistance in crop plants. **Asian Journal of Plants Sciences**, Beijing, v. 3, n. 5, p. 618-623, Oct. 2004.
- ANTONIO, R. P. et al. Genetic control of the resistance of common beans to white mold using the reaction to oxalic acid. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v. 7, n. 3, p. 733-740, 2008.
- ATALLAH, Z. K. et al. High genetic diversity, phenotypic uniformity, and evidence of outcrossing in *Sclerotinia sclerotiorum* in the Columbia Basin of Washington State. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 94, n. 7, p. 737-742, 2004.
- BARDIN, S. D.; HUANG, H. C. Research on biology and control of *Sclerotinia* diseases in Canada. **Canadian Journal of Plant Pathology**, Ontario, v. 23, p. 88-98, 2001.
- BELL, A. A.; WHEELER, M. H. Biosynthesis and functions of fungal melanins. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 24, n. 1, p. 411-451, 1986.
- BOLTON, M. D.; THOMMA, B. P. H. J.; NELSON, B. D. *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary: biology and molecular traits of a cosmopolitan pathogen. **Molecular Plant Pathology**, London, v. 7, n. 1, p. 1-16, 2006.
- BUIATE, E. S. S. et al. Evaluation of resistance in sorghum genotypes to the causal agent of anthracnose. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 10, p. 166-172, 2010.
- CARNEIRO, F. F. **Melhoramento genético do feijoeiro visando resistência ao mofo branco**. 2012. 134 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

CARNEIRO, F. F. et al. Genetics of common bean resistance to white mold. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 11, p. 165-173, 2011.

CASTAÑO, F.; VEAR, F.; LABROUHE, D. T. de. The genetics of resistance in sunflower capitula to *Sclerotinia sclerotiorum* measured by mycelium infections combined with ascospore tests. **Euphytica**, Dordrecht, v. 122, n. 2, p. 373-380, 2001.

CHEN, R. S.; MCDONALD, B. A. Sexual reproduction plays a major role in the genetic structure of populations of the fungus *Mycosphaerella graminicola*. **Genetics**, Austin, v. 142, p. 1119-1127, 1996.

CHITRAMPALAM, P. et al. The *Sclerotinia sclerotiorum* Mating Type Locus (MAT) Contains a 3.6-kb region that is inverted in every meiotic generation. **Plos One**, San Francisco, v. 8, n. 2, p. 1-20, 2013.

CHUNG, Y. S.; SASS, M. E.; NIENHUIS, J. Validation of RAPD markers for white mold resistance in two snap bean populations based on field and greenhouse evaluations. **Crop Science**, Madison, v. 48, p. 2265-2273, 2008.

CLARKSON, J. P. et al. Ascospore release and survival in *Sclerotinia sclerotiorum*. **Mycological Research**, Cambridge, v. 107, n. 2, p. 213-222, 2003.

CORNÉLIO, V. M. O. et al. Identificação de raças fisiológicas de *Pyricularia grisea* em arroz no Estado de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, p. 1016-1022, 2003.

CUNHA, W. G. et al. High resistance to *Sclerotinia sclerotiorum* in transgenic soybean plants transformed to express an oxalate decarboxylase gene. **Plant Pathology**, Oxford, v. 59, n. 4, p. 654-660, 2010.

DAVIDE, L. M. C.; SOUZA, E. A. Pathogenic variability within race 65 of *Colletotrichum lindemuthianum* and its implications for common bean breeding. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 9, p. 23-30, 2009.

EKINS, M.; AITKEN, E. A.; COULTER, K. C. Homothallism in *Sclerotinia minor*. **Mycological Research**, Cambridge, v. 110, p. 1193-1199, 2006.

GOMES, E. V. et al. Microsatellite markers reveal genetic variation within *Sclerotinia sclerotiorum* populations in irrigated dry Bean Crops in Brazil. **Journal of Phytopathology**, Berlin, v. 159, n. 2, p. 94-99, 2011.

GONÇALVES, P. R. C.; SANTOS, J. B. Physiological resistance of common bean cultivars and lines to white mold based on oxalic acid reaction. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, Fort Collins, v. 53, p. 236-237, 2010.

GONÇALVES, P. R. C.; SANTOS, J. B. Uso do ácido oxálico na identificação da resistência fisiológica de cultivares/linhagens ao mofo branco. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO-CONAFE, 85., 2008, Campinas. **Anais...** Campinas: IAC, 2008. p. 95-98.

GOSSEN, B. D.; RIMMER, S. R.; HOLLEY, J. D. First report of resistance to benomyl fungicide in *Sclerotinia sclerotiorum*. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 85, n. 11, p. 1206, 2001.

GRIFFING, B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. **Australian Journal of Biological Science**, Melbourne, v. 9, p. 463-493, 1956.

HAO, J. J.; SUBBARAO, K. V.; DUNIWAY, J. M. Germination of *Sclerotinia minor* and *S. sclerotiorum* Sclerotia under various soil moisture and temperature combinations. **Epidemiology**, Baltimore, v. 93, n. 4, p. 443-450, 2003.

HARIKRISHNAN, R.; DEL RIO, L. E. Influence of temperature, relative humidity, ascospore concentration, and length of drying of colonized dry bean flowers on white mold development. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 90, n. 7, p. 946-950, 2006.

HARTILL, W. F. T.; UNDERHILL, A. P. 'Puffing' in *Sclerotinia sclerotiorum* and *S. minor*. **New Zealand Journal of Botany**, Wellington, v. 14, p. 355-358, 1976.

HENSON, J. M.; BUTLER, M. J.; DAY, A. W. The dark side of mycelium: melanins of phytopathogenic fungi. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 37, n. 85, p. 447-471, 1999.

HUANG, H. C.; KOZUB, G. C. Influence of inoculum production temperature on carpogenic germination of sclerotia of *Sclerotinia sclerotiorum*. **Canadian Journal of Microbiology**, Ottawa, v. 39, n. 5, p. 548-550, 1993.

- HUANG, H. C.; KOZUB, G. C. Temperature requirements for carpogenic germination of sclerotia of *Sclerotinia sclerotiorum* isolates of different geographic origin. **Botanical Bulletin of Academia Sinica**, Taipei, v. 32, p. 279-286, 1991.
- HUANG, H. C.; MÜNDEL, H. H.; ERICKSON, R. S. Effect of physiological resistance and plant architecture on yield of dry bean under disease pressure of white mold (*Sclerotinia sclerotiorum*). **Plant Protection Bulletin**, Taiwan, v. 45, p. 169-176, 2003.
- KIM, H. S.; DIERS, B. W. Inheritance of partial resistance to *Sclerotinia* stem rot in soybean. **Crop Science**, Madison, v. 40, n. 1, p. 55-61, 2000.
- KIM, H. S. et al. Reaction of soybean cultivars to *sclerotinia* stem rot in field, greenhouse, and laboratory evaluations. **Crop Science**, Madison, v. 40, n. 3, p. 665-669, 2000.
- KOHN, L. M. The clonal dynamic in wild and agricultural plant pathogen populations. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, v. 73, p. 1231-1240, 1995. Supplement 1.
- KOHN, L. M. Delimitation of the economically important plant pathogenic *Sclerotinia* species. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 69, n. 8, p. 881-886, 1979a.
- KOHN, L. M. A monographic revision of the genus *Sclerotinia*. **Mycotaxon**, Ithaca, v. 9, p. 365-444, 1979b.
- KOLKMAN, J. M.; KELLY, J. D. An indirect test using oxalate to determine physiological resistance to white mold in common bean. **Crop Science**, Madison, v. 40, n. 1, p. 281-285, Jan./Feb. 2000.
- KULL, L. S. et al. Evaluation of resistance screening methods for *Sclerotinia* stem rot of soybean and dry bean. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 87, p. 1471-1476, 2003.
- KULL, L. S. et al. Mycelial compatibility grouping and aggressiveness of *Sclerotinia sclerotiorum*. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 88, p. 325-332, 2004.
- LE TOURNEAU, D. Morphology, cytology and physiology of *Sclerotinia* species in culture. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 69, n. 8, p. 887- 890, 1979.

LEHNER, M. S. et al. Low genetic variability in *Sclerotinia sclerotiorum* populations from common bean fields in Minas Gerais State, Brazil, at regional, local and microscales. **Plant Pathology**, Honolulu, v. 64, p. 921-931, 2015a.

LEHNER, M. S. et al. Reaction of sources of resistance to white mold to microsatellite haplotypes of *Sclerotinia sclerotiorum*. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 73, n. 2, p. 184-188, 2016a.

LEHNER, M. S. et al. Similar aggressiveness of phenotypically and genotypically distinct isolates of *Sclerotinia sclerotiorum*. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 100, n. 2, p. 1-7, Feb. 2016b.

LEHNER, M. S.; PAULA JÚNIOR, T. J.; MIZUBUTI, E. S. G. Does Hyphal-Tip ensure the same allelic composition at SSR Loci as monosporic isolates of *Sclerotinia sclerotiorum*? **Journal of Phytopathology**, Berlin, v. 164, n. 6, p. 417-420, June 2016.

LEITE, M. E. et al. Biochemical responses associated with common bean defence against *Sclerotinia sclerotiorum*. **European Journal of Plant Pathology**, Dordrecht, v. 138, n. 2, p. 391-404, 2014.

LEITE, M. E. et al. Increasing the resistance of common bean to white mold through recurrent selection. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 73, n. 1, p. 71-78, Jan./Feb. 2016.

LI, Y. B.; YONGLI, Z.; NIAN, L. B. Study on the dissemination distance of sunflower stem rot fungus. **Journal of Plant Protection Research**, Neimenggu, v. 20, p. 12-13, 1994.

LOBO JÚNIOR, M.; ABREU, M. S. Inibição do crescimento micelial de *Sclerotinia sclerotiorum* por metabólitos voláteis produzidos por alguns antagonistas em diferentes temperaturas e pH's. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 24, n. 2, p. 521-526, mar./abr. 2000.

LUMSDEN, R. D. Histology and physiology of pathogenesis in plant diseases caused by *Sclerotinia* species. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 69, n. 8, p. 890-896, 1979.

LUMSDEN, R. D.; DOW, R. L. Histopathology of *Sclerotinia sclerotiorum* infection of bean. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 63, p. 708-715, 1973.

LYON, M. E.; DICKSON, M. H.; HUNTER, J. E. Recurrent selection for resistance to white mold in Phaseolus species. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Mount Vernon, v. 112, p. 149-152, 1987.

MALVÁREZ, G. et al. New Populations of *Sclerotinia sclerotiorum* from Lettuce in California and Peas and Lentils in Washington. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 97, n. 4, p. 470-483, 2007.

MELO, L. C.; SANTOS, J. B. Identification of resistant genotypes considering polygenic systems in host-pathogen interaction. **Genetics na Molecular Biology**, Riberião Preto, v. 22, n. 4, p. 601-608, Dec. 1999.

MERT-TÜRK, F. et al. Microsatellite and morphological markers reveal genetic variation within a population of *Sclerotinia sclerotiorum* from oilseed rape in the Çanakkale Province of Turkey. **Journal of Phytopathology**, Berlin, v. 155, n. 3, p. 182-187, 2007.

MICHEREFF, S. J. **Doenças causam sérios prejuízos na safra de feijão em Pernambuco**. Recife: Ed. UFPE, 2011. Disponível em: <[http://www.ufrpe.br/artigo\\_ver.php?id Conteudo=1251](http://www.ufrpe.br/artigo_ver.php?id Conteudo=1251)>. Acesso em: 23 maio 2016.

MIKLAS, P. N. et al. Characterization of white mold disease avoidance in common bean. **European Journal of Plant Pathology**, Dordrecht, v. 135, n. 3, p. 525-543, Mar. 2013.

MIKLAS, P. N. et al. Conditioning physiological resistance and avoidance to white mold dry bean. **Crop Science**, Madison, v. 41, n. 2, p. 309-315, 2001.

MIKLAS, P. N. et al. Using a subsample of the core collection to identify new sources of resistance to white mold in common bean. **Crop Science**, Madison, v. 39, n. 2, p. 569-573, 1999.

MUNDT, C. C.; LEONARD, K. J. Effect of host genotype unit area on epidemic development of crown rust following focal and general inoculations of mixtures of immune and susceptible oat plants. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 75, n. 10, p. 1141-1145, Oct. 1985.

NELSON, B. D.; HELMS, T. C.; OLSON, M. A. Comparison of laboratory and field evaluations of resistance in soybean to *Sclerotinia sclerotiorum*. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 75, p. 662-665, 1991.

OTTO-HANSON, L.; STEADMAN, J. R.; HIGGINS, R. Variation in *Sclerotinia sclerotiorum* Bean Isolates from Multisite Resistance Screening Locations. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 95, n. 11, p. 1370-1377, 2011.

PARK, O. et al. Mapping of QTL for resistance to white mold disease in common bean soon. **Crop Science**, Madison, v. 41, p. 1253-1262, July/Aug. 2001.

PARLEVLIE, J. E. Disease resistance in plants and its consequences for plant breeding. In: FREY, K. J. (Ed.). **Plant breeding II**. Ames: The Iowa State University, 1981. p. 309-328.

PAULA JÚNIOR, T. J. et al. Mofo-branco. In: PAULA JÚNIOR; T. J. de; WENDLAND, A. (Org.). **Melhoramento genético do feijoeiro-comum e prevenção de doenças**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2012. v. 1, p. 83-110.

PENNYPACKER, B. W.; RISIUS, M. L. Environmental sensitivity of soybean cultivar response to *Sclerotinia sclerotiorum*. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 89, n. 8, p. 618-622, 1999.

PEREIRA, R. et al. Aggressiveness of *Pseudocercospora griseola* strains in common bean genotypes and implications for genetic improvement. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v. 14, n. 2, p. 5044-5053, 2015.

PÉREZ-VEGA, E. et al. Mapping quantitative trait loci conferring partial physiological resistance to white mold in the common bean RIL population Xana 3 Cornell 49242. **Molecular Breeding**, Dordrecht, v. 29, n. 1, p. 31-41, 2012.

PETZOLDT, R.; DICKSON, M. H. Straw test for resistance to white mold in beans. **Annual report of the Bean Improvement Cooperative**, Fort Collins, v. 39, p. 142-143, 1996.

PRATT, R. G.; ROWE, D. E. Comparative pathogenicity of isolates of *Sclerotinia trifoliorum* and *S. sclerotiorum* on alfalfa cultivars. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 79, n. 5, p. 474-477, 1995.

RIMMER, S. R.; MENZIES, J. G. Influence of host seedling exudates on germination of sclerotia of *Sclerotinia sclerotiorum*. In: INTERNATIONAL RAPESEED CONGRESS, 6., 1983, Paris. **Proceedings...** Paris: WPL, 1983. v. 2, p. 951-956.

ROCHA, J. R. S.; OLIVEIRA, N. T. Controle biológico de *Colletotrichum gloeosporioides*, agente da antracnose do maracujazeiro (*Passiflora edulis*), com *Trichoderma koningii*. **Summa Phytopathologica**, Jaboticabal, v. 24, p. 180-183, 1998.

SCHWARTZ, H. F.; SINGH, S. P. Breeding common bean for resistance to white mold: a review. **Crop Science**, Madison, v. 53, p. 1832-1844, Sept./Oct. 2013.

SEXTON, A. C.; HOWLETT, B. J. Microsatellite markers reveal genetic differentiation among populations of *Sclerotinia sclerotiorum* from Australian canola fields. **Current Genetics**, New York, v. 46, n. 6, p. 357-365, 2004.

SILVA, P. H. et al. Reaction of common bean lines and aggressiveness of *Sclerotinia sclerotiorum* isolates. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v. 13, n. 4, p. 9138-9151, 2014.

SINGH, S. P.; SCHWARTZ, H. F.; STEADMAN, J. R. A new scale for white mold disease rating for the common bean cut-stem method of inoculation in the greenhouse. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, Fort Collins, v. 57, p. 231-232, 2014.

SINGH, P. S.; TERÁN, H. Evolution of screening methods for detection of physiological resistance to white mold in common bean. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, East Lansing, v. 51, p. 40-41, 2008.

SOULE, M. et al. Comparative QTL map for white mold resistance in Common bean, and characterization of partial resistance in dry bean lines VA19 and I9365-31. **Crop Science**, Madison, v. 51, p. 123-139, Jan./Feb. 2011.

SOUZA, D. A. et al. Reaction of common bean progenies to White mold derived from recurrent selection. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 4, p. 583-587, abr. 2014.

STEADMAN, J. R.; BOLAND, G. White mold. In: SCHWARTZ, H. F. et al. (Ed.). **Compendium of bean diseases**. 2<sup>nd</sup> ed. Saint Paul: America Phytopathology Society, 2005. p. 44-46.

STEADMAN, J. R. et al. Evaluation of sources of resistance to *Sclerotinia sclerotiorum* in common bean with five test methods at multiple locations. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, Fort Collins, v. 44, p. 89-90, 2001.

STEADMAN, J. R. et al. Identification of partial resistance to *Sclerotinia sclerotiorum* in common bean at multiple locations in 2005. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, Fort Collins, v. 49, p. 223-224, 2006.

TERÁN, H. et al. Modified Petzoldt and Dickson scale for white mold rating of dry bean. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, Fort Collins, v. 49, p. 115-116, 2006.

TERÁN, H.; SINGH, S. P. Recurrent selection for physiological resistance to white mold in dry bean. **Plant Breeding**, Berlin, v. 129, n. 3, p. 327-333, June 2010.

TERÁN, H.; SINGH, S. P. Response of dry bean genotypes with different levels of resistance to *Sclerotinia sclerotiorum* to three inoculation methods. **Annual Report of Bean Improvement Cooperative**, Fort Collins, v. 51, p. 218-219, 2008.

TOLÊDO-SOUZA, E. D.; COSTA, J. L. S. Métodos de inoculação de plântulas de feijoeiro para avaliação de germoplasma quanto à resistência a *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) De Bary. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 33, n. 2, p. 57-63, jul./dez. 2003.

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

WEGULO, S. N. et al. Spread of *Sclerotinia* stem rot of soybean from area and point sources of apothecial inoculum. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 80, n. 2, p. 389-402, 2000.

WEGULO, S. N.; YANG, X. B.; MARTINSON, C. A. Soybean cultivar responses to *Sclerotinia sclerotiorum* in field and controlled environment studies. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 82, n. 11, p. 1264-1270, Nov. 1998.

WHIPPS, J. M. et al. A glasshouse cropping method for screening lettuce lines for resistance to *Sclerotinia sclerotiorum*. **European Journal of Plant Pathology**, Dordrecht, v. 108, n. 3, p. 373-378, 2002.

WILLETTS, H. J.; WONG, J. A. The biology of *Sclerotinia sclerotiorum*, *S. trifoliorum*, and *S. minor* with emphasis on specific nomenclature. **Botanical Review**, Bronx, v. 46, n. 2, p. 101-165, 1980.

YAN, W.; KANG, S. M. Biplot analysis of host genotype-by-pathogen strain interactions. In: \_\_\_\_\_. **GGEbiplot analysis**: a graphical tool for breeders, geneticists, and agronomists. New York: Washington, 2002. p. 215-233.

ZHAO, J. et al. Evaluation of Sclerotinia stem rot resistance in oilseed *Brassica napus* using a petiole inoculation technique under greenhouse conditions. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 88, n. 9, p. 1033-1039, 2004.