



Controle genético da murcha do fusário (*Fusarium oxysporum*) em feijoeiro comum

Daniella Vieira Cândida¹, Joaquim Geraldo Caprio Costa², Carlos Agustin Rava^{2*} & Monalisa Sampaio Carneiro³

¹Universidade Federal de Goiás, Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, 74001-970, Goiânia, GO, Brasil; ²Embrapa Arroz e Feijão, 75375-000, Santo Antonio de Goiás, GO, Brasil; ³Departamento de Biotecnologia Vegetal, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de São Carlos, 13600-970, Araras, SP, Brasil

* *In memoriam*

Autor para correspondência: Monalisa S. Carneiro, e-mail: monalisa@cca.ufscar.br

RESUMO

O objetivo do trabalho foi determinar o controle genético da resistência do feijoeiro comum ao patótipo FOP 46 de *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli* e estimar parâmetros genéticos da resistência a doença. Em casa de vegetação, as avaliações da resistência foram conduzidas em famílias F_{2,3} dos cruzamentos Milionário 1732 x Macanudo e FT-Tarumã x Macanudo. Os sintomas da doença foram avaliadas nas plantas aos doze dias após a inoculação, atribuindo-se notas que variavam de 1 (plantas sem sintomas) a 9 (plantas totalmente murchas e ou mortas). A análise das frequências observadas de plantas resistentes e suscetíveis na população F_{2,3} resultantes da autofecundação das plantas F₂ dos cruzamentos Milionário 1732 x Macanudo e FT Tarumã x Macanudo, sugeriu um gene efeito maior com ação gênica de dominância incompleta. O aparecimento na família F_{2,3} de genótipos transgressivos sugere a natureza oligogênica da resistência da murcha do fusário. As estimativas de herdabilidade e predição de ganho por seleção foram elevadas em ambos os cruzamentos.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*, raças fisiológicas, resistência genética, herança.

ABSTRACT

Genetic control of Fusarium wilt in common bean

The purpose of this study was to determine the genetic control of common bean resistance to pathotype FOP 46, *Fusarium oxysporum* f.sp. *phaseoli* and estimate the genetic parameters of disease resistance. In greenhouse, the resistance evaluations were conducted in F_{2,3} families from crosses Milionário 1732 x Macanudo and FT Tarumã x Macanudo. Disease severity was evaluated 12 days after inoculation using a scale ranging from 1 (no symptoms of wilting) to 9 (plants totally wilted and/or dead). The observed frequency of susceptible and resistant F_{2,3} plants derived from selfing of F₂ plants from the cross Milionario 1732 x Macanudo and FT Tarumã x Macanudo indicated one major gene effect with incomplete dominance. The appearance of transgressive genotypes in family F_{2,3} suggests the oligogenic nature of resistance to Fusarium wilt. High heritability and prediction of selection gain were estimated for both crosses.

Keywords: *Phaseolus vulgaris*, physiological race, genetic resistance, inheritance.

INTRODUÇÃO

A cultura do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é afetada por vários tipos de patógenos que causam doenças e acarretam perdas significativas na produção. A murcha de fusário encontra-se entre as mais importantes doenças do feijoeiro comum causadas por fungos de solo. Essa doença é causada pelo fungo *Fusarium oxysporum* f.sp. *phaseoli* J.B. Kendr. & W.C. Snyder e está presente no solo de muitas regiões produtoras de feijão (Costa et al., 1982; Pastor-Corrales & Abawi, 1987; Zambolim et al., 1987; Goulart, 1988; Sala et al., 2006). A ocorrência e severidade desta doença têm aumentado, devido, principalmente, à falta de cuidados necessários com os métodos preventivos de controle. Quase não há estudos sobre as perdas no

rendimento, contudo, sabe-se que os danos provocados por esta enfermidade são muito variáveis, podendo afetar apenas algumas plantas ou até 80% da lavoura, isto porque a murcha do fusário inicia-se em pequenas reboleiras e, após alguns anos de cultivo dissemina-se por toda área (Sartorato & Rava, 1994).

O fungo *F. oxysporum* f.sp. *phaseoli* é disseminado dentro e entre lavouras através do movimento de solo, fragmentos infectados de tecidos do hospedeiro, água de drenagem ou irrigação, sementes contaminadas, homem e equipamentos agrícolas (Sartorato & Rava, 1994). O fungo sobrevive no solo na forma de clamidósporos (estruturas de resistência) e em restos culturais. É um fungo que apresenta pouca variabilidade patogênica, com evidência da existência de duas raças identificadas no Brasil (Cardoso et

al., 1966). A erradicação do patógeno, uma vez estabelecido na área, além de ser praticamente impossível, também é antieconômica. O controle da murcha de fusário pode ser obtido através de várias estratégias de manejo, como uso de sementes não contaminadas para evitar a introdução do patógeno na área de cultivo, rotação de culturas por longos períodos, e a utilização de cultivares de feijoeiro comum com resistência ao patógeno. Dentro do manejo integrado, a resistência genética é um importante componente por ser uma tecnologia de baixo custo e, conseqüentemente, fácil de ser adotada pelos agricultores, além de reduzir a poluição do meio ambiente causada pelo uso indiscriminado de defensivos agrícolas. O primeiro passo de um programa de melhoramento visando à utilização da resistência genética consiste na identificação de fontes de resistência ao patógeno. Estudos já foram conduzidos com o intuito de conhecer a reação de cultivares e linhagens de feijoeiro comum inoculadas com *F. oxysporum* (Balardin et al., 1990; Piza, 1993; Rocha-Junior et al., 1998; Sala et al., 2001; Ito et al., 2002; Silva et al., 2002, Pereira et al., 2008).

Rava et al. (1996) avaliaram cultivares de feijoeiro comum recomendadas para diferentes regiões brasileiras, assim como linhagens promissoras provenientes do programa de melhoramento genético do feijoeiro comum desenvolvido pela Embrapa Arroz e Feijão e de outras instituições brasileiras, aos isolados FOP 53 e FOP 46. As cultivares IAPAR 44, Milionário 1732, FT Tarumã, Serrano, São José e Rico 1735 apresentaram reação de resistência a ambos isolados. Esse trabalho tem com objetivos determinar o controle genético da resistência ao patótipo FOP 46 de *Fusarium oxysporum* f.sp. *phaseoli* e estimar parâmetros genéticos que auxiliem na seleção de famílias resistentes.

MATERIAL E MÉTODOS

Como genitores resistentes ao isolado FOP 46 foram utilizadas as cultivares Milionário 1732 e FT Tarumã e como suscetível a cultivar Macanudo (Tabela 1). Foram realizados cruzamentos dirigidos entre as cultivares resistentes e a cultivar suscetível, para a obtenção de duas populações nas gerações F_1 e F_2 . Cento e cinquenta sementes de cada cruzamento na geração F_2 foram semeadas em vaso de 8 kg, com duas plantas por vaso, sendo cada planta devidamente identificada, das quais foram colhidas sementes e obtidas 120 famílias na geração $F_{2,3}$ de cada cruzamento (Milionário 1732 x Macanudo e FT Tarumã x Macanudo). Cada família

foi constituída de 12 plantas, que foram avaliadas para severidade da murcha do fusário.

O isolado altamente patogênico FOP 46, originário de Belém de São Francisco (PE) foi repicado para placas de Petri com meio BDA (batata-dextrose-agar) ao qual foi adicionado 500 ppm de quintozene e incubadas durante oito dias em temperatura de laboratório ($28 \pm 2^\circ\text{C}$). A suspensão de inóculo, calibrada para 10^6 conídios mL^{-1} , foi preparada de acordo com Rava et al. (1996). Em casa de vegetação, as famílias na geração $F_{2,3}$ foram semeadas em bandejas com areia sendo irrigadas com solução nutritiva de Hoagland n°2 (Hoagland & Arnon, 1950). Oito dias após a emergência as plantas foram removidas, as raízes lavadas em água corrente e, aproximadamente um terço de suas extremidades cortadas, sendo imediatamente mergulhadas durante um minuto na suspensão de conídios do patógeno. Após a inoculação, as plantas foram transplantadas para vasos de alumínio de 1,5 L de capacidade, contendo solo desinfestado e mantidas em casa de vegetação a $28 \pm 4^\circ\text{C}$. Os sintomas foram avaliados 12 dias após a inoculação, utilizando-se a escala de nove graus definida por Rava et al (1996), onde 1 = ausência de sintomas, 2 = até 5% da folhagem com sintomas de murcha, 3 = 6 a 10% da folhagem com sintomas de murcha, 4 = 11 a 15% da folhagem com sintomas de murcha, 5 = 16 a 25% da folhagem com sintomas de murcha, 6 = 26 a 35% da folhagem com sintomas de murcha, 7 = 36 a 50% da folhagem com sintomas de murcha, 8 = 51 a 75% da folhagem com sintomas de murcha e 9 = mais de 75% da folhagem com sintomas de murcha. Foram consideradas resistentes as plantas que apresentarem nota de severidade de 1-4, intermediárias de 4-6 e suscetível de 6-9.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com duas repetições, sendo cada parcela composta de seis plantas/família. Para cada cruzamento, os tratamentos foram constituídos por 120 famílias, sendo que cada família foi composta por doze genótipos. As cultivares Milionário, FT Tarumã e Macanudo foram utilizadas como testemunhas no experimento em casa de vegetação.

Os dados da reação à murcha do fusário obtidos nas famílias $F_{2,3}$ oriundas dos cruzamentos Milionário x Macanudo e FT Tarumã x Macanudo foram utilizados no estudo do controle genético da resistência, sendo as proporções fenotípicas observadas testadas pelo teste χ^2 . As notas de severidade de murcha do fusário foram inicialmente submetidas à análise de variância individual. A partir das esperanças dos quadrados médios, foi estimada

TABELA 1 - Descrição das principais características agrônômicas das cultivares de feijoeiro comum Macanudo, FT Tarumã e Milionário 1732

Linhagens	Tipo de grãos	Hábito de crescimento	Reação à murcha de fusário
FT Tarumã	Preto	Indeterminado	Resistente
Milionário 1732	Preto	Indeterminado	Resistente
Macanudo	Jalo	Indeterminado	Suscetível

a variância genética (σ_g^2) e, com base nesta calculou-se a herdabilidade no sentido amplo (h^2) (Ramalho et al., 2005). Para a predição de ganhos por seleção (GS %), obtida pela análise de variância da geração $F_{2,3}$, foi considerada a seleção de todos os indivíduos resistentes (nota 1 a 4) da população $F_{2,3}$. As análises foram realizadas com o auxílio do programa Genes (Cruz, 2001).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As proporções 1:2:1 (Tabela 2) observadas nas famílias na geração $F_{2,3}$, dos cruzamentos FT Tarumã x Macanudo e Milionário 1732 x Macanudo, sugere uma ação

gênica de dominância incompleta à resistência ao patótipo FOP 46 de *F. oxysporum* f. sp. *phaseoli*. Na avaliação das populações segregantes foi observado a presença de indivíduos com notas de resistência ou suscetibilidade (Tabela 3) maiores que os genitores, o que sugere que a existência de mais de um gene controlando a resistência. Portanto, sugere-se que a resistência genética dos cultivares Milionário 1732 e FT-Tarumã quando avaliados com isolado FOP 46 de *F. oxysporum* f. sp. *phaseoli*, apresenta herança oligogênica com um gene de dominância incompleta de efeito fenotípico marcante.

Os resultados obtidos no presente trabalho, com o patótipo FOP 46, estão de acordo com resultados obtidos

TABELA 2 - Segregação para a reação à murcha do fusário no feijoeiro em 120 famílias nas gerações $F_{2,3}$ dos cruzamentos das linhagens Milionário 1732 X Macanudo (M x M) e FT Tarumã X Macanudo (FT x M) (χ^2 , $\alpha = 0,05$)

Cruzamento M X M		
Fenótipos	Família $F_{2,3}$	
	FO	FE
Resistentes	26	30
Segregantes	79	60
Suscetíveis	15	30
χ^2		1,3

Cruzamento FT X M		
Fenótipos	Família $F_{2,3}$	
	FO	FE
Resistentes	27	30
Segregantes	57	60
Suscetíveis	36	30
χ^2		1,6

TABELA 3 - Estimativa de parâmetros genéticos e fenotípicos para notas de severidade da murcha do fusário obtidas na avaliação das 120 famílias na geração $F_{2,3}$ dos cruzamentos das linhagens de feijão Milionário x Macanudo e FT Tarumã x Macanudo

	Família $F_{2,3}$	
	Milionário 1723 x Macanudo	Macanudo x FT Tarumã
Número de famílias	120	120
(indivíduos/famílias)	(12)	(12)
Médias das famílias	4,77	5,40
Média dos genitores	2,75 (Milionário 1723) 5,36 (Macanudo)	3 (FT Tarumã) 5,36 (Macanudo)
Variância fenotípica entre médias das famílias (σ_f^2)	5,90	7,20
Variância ambiental entre parcelas (σ_e^2)	1,38	0,51
Variância genética entre médias das famílias (σ_g^2)	5,16	6,80
Variância genotípica dentro das famílias (σ_{gd}^2)	0,35	1,04
Herdabilidade no sentido amplo da média das famílias (h^2 %)	87,45	94,40
Ganho de seleção (GS %)	26,76	35,48
Coefficiente de Variação (CV %)	24,68	13,35

por Salgado et al. (1995) e Cross et al. (2000), que propõem que em genótipos de feijoeiro comum pertencentes ao pool gênico Mesoamericano, a resistência a *F. oxysporum* f.sp. *phaseoli* seja de natureza poligênica.

Ribeiro & Hagedorn (1979) determinaram, entretanto, que a resistência ao patótipo FOP 1 é controlada por um alelo dominante, o qual está presente nas cultivares Early Gallatin, Tenderete e Pintado. Entre os motivos que podem ser responsáveis pela discordância dos resultados sugere-se as diferentes escalas de avaliação, as variações de graus para resistência e suscetibilidade, e as metodologias distintas de inoculação. Vale destacar que o método de avaliação fenotípica, que é discreto e não contínuo baseado em escala de notas, favorece preferencialmente a identificação de genes de grande efeito.

Na obtenção de linhagens resistentes, a primeira etapa é identificar fontes de resistência à doença; a segunda é realizar os cruzamentos das linhagens mais promissoras, para incorporar a resistência em cultivares recomendadas suscetíveis ou aumentar a resistência nas linhagens disponíveis; a terceira é selecionar, nas populações segregantes, os indivíduos ou progênies resistentes (Pereira et al., 2008). A maioria dos estudos com patótipo FOP 46 foram conduzidos com o intuito de se conhecer a reação de genótipos de feijoeiro comum ao patógeno (Rava et al., 1996; Pereira et al., 2008). O presente estudo propõe a herança da resistência a patótipo FOP46 tendo como fonte de resistência os cultivares FT Tarumã e Milionário 1732. Essa informação será útil para os programas de melhoramento genético do feijoeiro permitindo a escolha de estratégias de seleção mais eficientes na obtenção de genótipos resistentes.

Os genitores resistentes Milionário 1732 e FT Tarumã apresentaram notas 2,75 e 3,0, respectivamente. A cultivar suscetível Macanudo recebeu nota 5,36. Nas famílias avaliadas dos dois cruzamentos foi encontrada variação na severidade média do patógeno, sendo 1,92 e 8,27 as menores e maiores notas médias observadas nas famílias, respectivamente. O aparecimento nas famílias $F_{2,3}$ de genótipos transgressivos sugere a natureza oligogênica da resistência da murcha do fusário.

A média geral das notas de severidade obtida na avaliação das famílias do cruzamento FT Tarumã x Macanudo (5,40) foi maior que aquelas encontradas no cruzamento Milionário 1732 x Macanudo (4,77) (Tabela 3). Embora, as cultivares Milionário 1732 e FT-Tarumã sejam fontes de resistência a murcha do fusário, as famílias obtidas a partir do Milionário 1732 foram mais eficiente em controlar a severidade da doença.

Um dos motivos que podem ter levado aos melhoristas não analisarem as avaliações da incidência ou severidade de doenças deriva do fato de que tais dados podem não atender às pressuposições básicas da análise de variância (Ramalho et al., 2005). Contudo, na cultura do feijoeiro foi observado que não houve maiores restrições em proceder à análise de variância para notas de severidade da doença (Marques

Junior, 1997; Bruzi et al., 2007; Pereira et al., 2008). Por essa razão foram realizadas as análises da variância das notas da severidade da murcha do fusário das famílias dos dois cruzamentos.

Um fator que afeta a avaliação da doença e eficiência da seleção de genótipos resistentes é a precisão com que as famílias são avaliadas, especialmente nas gerações iniciais, como a $F_{2,3}$. Neste estudo, a precisão experimental avaliada por meio do coeficiente de variação (CV %) é considerada aceitável (Tabela 3), de acordo com as estimativas de CV que são relatadas para avaliação da murcha do fusário na cultura do feijoeiro (Marques Júnior, 1997; Pereira et al., 2008). Evidentemente, nas primeiras gerações segregantes, quando se avalia um grande número de genótipos em parcelas pequenas, devido ao reduzido número de sementes disponíveis por família, o CV tende a ser maior (Pereira et al., 2004). Adicionalmente, quanto maior o número de repetições utilizado, maior é o esforço despendido nas avaliações. Por outro lado, quando se utilizam menores números de tratamentos e parcelas maiores as estimativas do CV são menores (Rosal, 1999).

Com base na análise de variância (Tabela 4), em ambos os cruzamentos observou-se que ocorreu uma maior divergência genética entre as famílias que dentro das famílias, evidenciando assim a existência de variabilidade genética que poderá ser explorada no programa de melhoramento de feijoeiro comum. No presente estudo o valor de F (nível de significância de 5%) para famílias foi significativo nos cruzamentos indicando que a variância entre famílias na geração $F_{2,3}$ foi diferente de zero. De acordo com a fórmula geral da variância genética entre as famílias é sugerido que quanto maior for seu valor, que neste caso foi de 5,16 e 6,80 para os cruzamentos Milionário 1732 x Macanudo e FT Tarumã x Macanudo, respectivamente, menor será a probabilidade das médias amostrais serem semelhantes. Sabe-se que as variações ambientais mascaram as de natureza genética, sendo assim, quanto maior for a proporção da variabilidade decorrente do ambiente em relação à variabilidade total, mais difícil será selecionar genótipos de forma efetiva. Embora a variância ambiental (Tabela 3) seja resultante de progênies segregantes, e, por conseguinte, represente uma estimativa composta em grande parte do efeito ambiental e com um componente genético, essa estimativa ambiental foi consideradas baixas (1,38 e 0,51).

A herdabilidade (h^2 %) no sentido amplo da resistência à murcha de fusário foi 87,45% e 94,40% para o cruzamento Milionário 1732 x Macanudo e FT Taruma x Macanudo, respectivamente (Tabela 3). A herdabilidade é um dos parâmetros genéticos que mais contribui para o trabalho do melhorista, fornecendo a proporção da variância genética presente na variância fenotípica total (Ramalho et al, 1993). As estimativas de herdabilidade variam com a característica, método de

TABELA 4 - Resumo da análise de variância, das notas de severidade à murcha de fusário de 120 famílias na geração F_{2,3} nos cruzamentos Milionário 1732 x Macanudo e FT Tarumã x Macanudo

Fontes de variação	Milionário 1732 x Macanudo		FT Tarumã x Macanudo	
	GL	Quadrado médio	GL	Quadrado médio
Blocos	1	290,7	1	19,3
Famílias	119	71,35*	119	87,47*
Resíduo (entre famílias)	119	9,34	119	4,68
Dentro de famílias	1200	1,04	1200	1,56

*Teste F significativo ao nível de 5% de probabilidade.

estimação, nível de endogamia da população, diversidade genética da população, e precisão experimental (Falconer & Mackay, 1996, Borém, 1997). No presente estudo, os altos valores da herdabilidade podem ser explicados pela divergência dos pais na resposta a doença, pois genitores divergentes geram maior variabilidade genotípica, tendendo a mostrar maiores valores de herdabilidade do que aquelas com menor variabilidade. Além disso, as avaliações das famílias para resistência a murcha do fusário apresentaram precisão aceitável na condução do experimento e coleta dos dados, contribuindo na melhoria na estimativa da herdabilidade.

Muito embora a herdabilidade estimada seja no sentido amplo, a participação da variância de dominância (σ_{gd}^2) é muito pequena. Isso porque a variância genética entre famílias F_{2,3} ($\sigma_{g2,3}^2$) contém $\sigma_{g2,3}^2 = \sigma_a^2 + (1/4)\sigma_d^2$ em que σ_a^2 é variância genética aditiva (Souza Júnior, 1989). Assim, coeficientes de herdabilidade mais altos podem ser associados com maior variância genética aditiva, menor variação do ambiente e menor interação genótipo x ambiente (Fehr, 1987). Segundo Carvalho et al. (2001), os caracteres com maior coeficiente de herdabilidade propiciam, através da seleção, maiores progressos genéticos. As linhagens resistentes, oriundas dos cruzamentos FT Tarumã x Macanudo e Milionário 1732 x Macanudo poderão ser usadas como genitores nos programas de melhoramento do feijoeiro comum.

A média das 16 famílias mais resistentes do cruzamento Milionário 1732 x Macanudo foi de 3,31, o que resulta em um ganho de seleção (GS) de 26,76%. De forma análoga, a média das famílias mais resistentes foi de 3,37, e o ganho de seleção (GS) esperado no cruzamento FT Tarumã x Macanudo será de 35,48% (Tabela 3). Considerando-se que o ganho de seleção é função da herdabilidade na geração em que as famílias foram avaliadas, o cruzamento FT Tarumã x Macanudo que apresentou maior estimativa de herdabilidade foi também a de maior ganho por seleção (Tabela 3). Além disso, o diferencial de seleção das famílias selecionadas do cruzamento FT Tarumã x Macanudo foi maior, o que também contribuiu para elevar o ganho com seleção.

Convém destacar a possibilidade do aumento da eficiência da seleção, quando se seleciona uma menor proporção de indivíduos, ou seja, aqueles indivíduos, com as notas de severidade da doença de 1 a 2. Com isso o valor

do diferencial é aumentado e, conseqüentemente, o ganho de seleção também. Evidentemente, a escolha de índice de seleção tão rigorosa é conveniente ao analisarmos sob o ponto de vista fitopatológico. Os indivíduos selecionados por apresentarem menor nota de severidade terão um número reduzido de lesões causadas pelo fungo na folha, resultando na diminuição da fonte de inóculo e na chance de disseminação da doença. Por outro lado, índices de seleção rigorosos diminuem a variabilidade genética da população selecionada, o que não é aconselhável num programa de melhoramento. Embora a resistência a murcha do fusário seja um importante caráter a ser considerado no desenvolvimento de cultivares de feijoeiro comum, outras características também são avaliadas, daí a relevância da variabilidade genética. Neste trabalho, as famílias selecionadas foram aquelas com notas de severidade 1 a 4. Essa opção torna índice de seleção menos rigoroso mantendo uma maior variabilidade genética da população selecionada.

Os resultados obtidos no presente trabalho mostraram que o controle genético ao patótipo FOP 46 de *F. oxysporum* f.sp. *phaseoli* nas cultivares Milionário 1732 e FT Tarumã apresenta uma herança oligogênica com a existência de um gene de efeito maior com ação gênica de dominância incompleta. Em função dos altos valores da estimativa de herdabilidade e da possibilidade de obtenção de ganhos genéticos mediante a seleção fenotípica de indivíduos resistentes à murcha do fusário em gerações segregantes, as cultivares Milionário 1732 e FT Tarumã podem ser usadas como genitores em programas de melhoramento para resistência à murcha de fusário.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq pelo auxílio financeiro recebido para execução desta pesquisa (Edital Universal/Proc. 475217 / 2006-3).

REFERÊNCIAS

Balardin RS, Pastor-Corrales MA, Otoyá MM (1990) Resistência de germoplasmas de feijão (*Phaseolus vulgaris*) a *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*. Fitopatologia Brasileira 15:102-103.

- Borém A (1997). Melhoramento de plantas. 1ª Ed. Viçosa. Universidade Federal de Viçosa.
- Bruzi AT, Ramalho MAP, Abreu AFB (2007) Desempenho de famílias do cruzamento entre linhagens de feijões andinos e mesoamericanos em produtividade e resistência a *Phaeoisariopsis griseola*. Ciência Agrotecnologia 31:650-655.
- Cardoso CON, Kimati H, Fernandes NG (1966) Nota sobre a ocorrência de *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli* (Schlecht.) Kendrick & Snyder causando murcha vascular em feijoeiro comum. Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz 23:273-276.
- Carvalho FIF, Silva, AS, Kurek AJ, Marchiori VS (2001) Estimativas e implicações da herdabilidade como estratégia de seleção. Pelotas RS. Editora Universitária Pelotas, Universidade Federal de Pelotas.
- Costa AF, Menezes M, Miranda P (1982) Ocorrência de *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli* Kendrick & Snyder em feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*) em Pernambuco e Alagoas. Reunião Nacional de Pesquisa de Feijão 1:282-284.
- Cross H, Brick MA, Schwartz HF, Panella LW, Byrne PF (2000) Inheritance of resistance to *Fusarium* wilt in two common bean races. Crop Science 40:954-958.
- Cruz CD (2001) Programa genes: versão Windows, aplicativo computacional em genética e estatística. 1ª Ed. Viçosa MG. Universidade Federal de Viçosa.
- Falconer DS, Mackay TFC (1996) Introduction to quantitative genetics. 4ª Ed. Longman.
- Fehr WR (1987) Principles of cultivar development. New York NY. Macmillan Publishing Company.
- Goulart ACP (1988) Doenças do feijoeiro na Região Norte de Minas Gerais. Fitopatologia Brasileira 13:230-232.
- Hoagland DR, Arnon DI (1950). The water-culture method for growing plants without soil. Berkeley: California Agricultural Experiment Station.
- Ito MF, Pompeu AS, Carbonell SAM, Sala GM (2002) Seleção de feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*) com resistência a *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*. Fitopatologia Brasileira 27:304-304.
- Marques Júnior OG, Ramalho MAP, Ferreira DF, Santos JB dos (1997) Viabilidade do emprego de notas na avaliação de alguns caracteres do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). Revista Ceres 44:411-420.
- Pastor-Corralles MA, Abawi GS (1987) Reactions of selected bean germplasms to infection by *Fusarium oxysporum* f.sp. *phaseoli*. Plant Disease 71:990-993.
- Pereira HS, Santos JB dos, Abreu AFB (2004) Linhagens de feijoeiro com resistência à antracnose selecionadas quanto a características agronômicas desejáveis. Pesquisa Agropecuária Brasileira 39:209-215.
- Pereira MJZ, Ramalho MAP, Abreu AFB (2008) Estratégias para eficiência da seleção de feijoeiro comum quanto à resistência à murcha-de-fusário. Pesquisa Agropecuária Brasileira 43:721-728.
- Piza SMT (1993) Patogenicidade de *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli* e reação de germoplasma de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*). Summa Phytopathologica 19:165-167.
- Ramalho MAP, Santos JB, Zimmermann MJO (1993) Genética quantitativa em plantas autógamas. Goiânia, Editora Universitária. Universidade Federal de Goiás.
- Ramalho MAP, Ferreira DF, Oliveira AC (2005) A experimentação em genética e melhoramento de plantas. Lavras MG. Editora UFLA. Universidade Federal de Lavras.
- Rava CA, Sartorato A, Costa JGC (1996) Reação de genótipos de feijoeiro comum ao *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli* em casa de vegetação. Fitopatologia Brasileira 21:296-300
- Ribeiro RLD, Hagedorn DJ (1979) Inheritance and nature of resistance in beans to *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*. Phytopathology 69:859-861.
- Rocha-Junior WC, Santos JB, Mendes-Costa MC (1998) Reação de cultivares e linhagens de feijão à *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*. Fitopatologia Brasileira 23:407-409.
- Rosal CJS (1999) Seleção precoce para produtividade no feijoeiro (*P. vulgaris* L.). Dissertação de Mestrado. Lavras MG. Universidade Federal de Lavras.
- Sala GM, Ito MF, Carbonell SAM (2001) Reação de cultivares de feijoeiro comum, recomendadas para o Estado de São Paulo, a raças de *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*. Summa Phytopathologica 27:425-428.
- Sala GM, Ito MF, Carbonell SAM (2006) Reação de genótipos de feijoeiro comum à quatro raças de *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*. Summa Phytopathologica 32:286-287.
- Salgado MO, Schwartz HF, Brick MA (1995) Inheritance of resistance to a Colorado race of *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli* in common beans. Plant Disease 79:279-281.
- Sartorato A, Rava CA (1994) Murcha ou amarelecimento de *Fusarium*. In: Sartorato A, Rava CA (Eds.) Principais doenças do feijoeiro comum e seu controle. Brasília DF. EMBRAPA-SPI. pp.175-190.
- Silva FB, Bruzi AT, Ramalho MAP (2002) Precisão experimental na avaliação de cultivares de feijão. Reunião Nacional de Pesquisa de Feijão 7:288-291.
- Souza Júnior CL (1989) Componentes da variância genética e suas implicações no melhoramento vegetal. Piracicaba SP. FEALQ.
- Zambolim L, Vieira C, Araújo CAA, Chagas JM, Silva CC (1987) Ocorrência de murcha de *Fusarium* em feijoeiro comum na Zona da Mata de Minas Gerais. Fitopatologia Brasileira 12:287-288.

TPP 9034 - Recebido 16 Março 2009 - Aceito 4 Novembro 2009
 Editor de Seção: Luis Eduardo Aranha Camargo