

Seleção precoce em plantas segregantes de feijoeiro para resistência à murcha de *Curtobacterium*¹

Pedro Patric Pinho Morais², Diego Toaldo³, Luciano Rogério Braatz de Andrade⁴,
Altamir Frederico Guidolin⁵, Jefferson Luís Meirelles Coimbra⁶

RESUMO

Os objetivos deste trabalho foram estimar a eficiência da seleção, em populações segregantes de feijoeiro, para a resistência à murcha de *Curtobacterium*, e indicar o melhor período do ciclo da cultura para se proceder à seleção das plantas resistentes. Foram realizados os cruzamentos convergentes IAC-Carioca Aruã x SCS Guará, IAC-Carioca Pyatã x SCS Guará e IAC-Carioca Pyatã x Pérola, dando origem às gerações F₁, F₂, F_{2:3}, F_{3:4}, que foram inoculadas com *Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens* isolado 2634. A resistência foi avaliada segundo escala de notas referentes aos sintomas comuns da doença aos 20, 40 e 60 dias após a inoculação. Os resultados indicaram que as gerações segregantes de Aruã x Guará, Pyatã x Guará e Pyatã x Pérola possuem comportamento semelhante em relação à resistência aos sintomas da murcha de *Curtobacterium*. A seleção foi efetiva para as gerações oriundas de Aruã x Guará e Pyatã x Pérola e o período entre 40 e 60 dias após a inoculação é o mais adequado para seleção de plantas segregantes para resistência.

Palavras-chave: resistência varietal, murcha bacteriana, período de seleção.

ABSTRACT

Early selection in segregating common bean plants for resistance to bacterial wilt

The objective of this study were both the estimation of the efficiency of selection in segregating populations of common bean for the resistance to *Curtobacterium* and also the indication of the best time of the cycle to make the selection of resistant plants. To this end, we used converging crosses between IAC-Carioca Aruã x SCS Guará, IAC-Carioca Pyatã x IAC-Carioca and SCS Guará x Pérola, originating filial generations (F₁, F₂, F_{2:3} and F_{3:4}) which were subsequently inoculated with *Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *Flaccumfaciens*, isolate 2634, and evaluated according to a scale related to the common symptoms of the disease at 20, 40 and 60 days after inoculation. The results showed that the segregating generations of Aruã x Guará, Pyatã x Guará and Pyatã x Pérola had similar behavior in relation to resistance to the *Curtobacterium* symptoms. The selection is effective for the coming generations of Aruã x Guará and Pyatã x Pérola and the favorable time for distinguishing and selecting reliably segregating plants occurs between 40 and 60 days after inoculation.

Key words: varietal resistance, bacterial wilt, selection period.

Recebido para publicação em 17/07/2012 e aprovado em 07/11/2012.

¹ Este trabalho é parte da dissertação de mestrado do primeiro autor. Fonte Financiadora: CAPES e FAPESC.

² Engenheiro-Agrônomo. Mestrando do Departamento de Agronomia, Universidade do Estado de Santa Catarina, Avenida Luís de Camões, 2090, Conta Dinheiro, 88520-000, Lages, Santa Catarina, Brasil. patric_pinho@hotmail.com

³ Engenheiro-Agrônomo. Mestrando do Departamento de Agronomia, Universidade do Estado de Santa Catarina, Avenida Luís de Camões, 2090, Conta Dinheiro, 88520-000, Lages, Santa Catarina, Brasil. diegotoaldo@hotmail.com

⁴ Graduando do curso de Agronomia. Universidade do Estado de Santa Catarina, Avenida Luís de Camões, 2090, Conta Dinheiro, 88520-000, Lages, Santa Catarina, Brasil. lucianorogério@gmail.com

⁵ Engenheiro-Agrônomo, Doutor. Departamento de Agronomia, Universidade do Estado de Santa Catarina, Avenida Luís de Camões, 2090, Conta Dinheiro, 88520-000, Lages, Santa Catarina, Brasil. a2afg@cav.udesc.br (autor para correspondência).

⁶ Engenheiro-Agrônomo, Doutor. Departamento de Agronomia, Universidade do Estado de Santa Catarina, Avenida Luís de Camões, 2090, Conta Dinheiro, 88520-000, Lages, Santa Catarina, Brasil. a2jlm@cav.udesc.br

INTRODUÇÃO

A cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) é afetada por vários tipos de patógenos, que causam doenças e acarretam perdas significativas na produção. Entre estes, o *Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens* (Maringoni & Rosa, 1997), responsável pela murcha de *Curtobacterium*, que se tem destacado como das doenças bacterianas emergentes de grande importância na cultura do feijoeiro (Valentini *et al.*, 2010). A murcha é a principal característica da doença, resultado da degeneração dos vasos do xilema pelas bactérias, que promovem falhas no transporte de seiva, deixando o caule internamente escurecido, seguido de amarelecimento e flacidez da área foliar, com posterior seca do tecido (Hedges, 1926).

No Brasil, a doença foi relatada em 1995, no Estado de São Paulo (Maringoni & Rosa, 1997) e, atualmente, está distribuída em grande parte das principais regiões produtoras de feijão do Brasil. No Estado de Santa Catarina, há relatos de ocorrência nos municípios de Campos Novos (Leite Junior *et al.*, 2001), Faxinal dos Guedes, Guatambú, Ipuçu, Ponte Serrada e Tigrinhos (Theodoro *et al.*, 2004). A presença da murcha de *Curtobacterium* nos vários municípios catarinenses indica adaptabilidade do patógeno ao hospedeiro em diferentes ambientes, demonstrando a necessidade de medidas para seu controle. Isto é um agravante, pois não existem cultivares, recomendados para Santa Catarina, resistentes a *C. flaccumfacien* pv. *flaccumfaciens* (Theodoro & Maringoni, 2006).

O controle preventivo desta bactéria está fundamentado no uso de cultivares resistentes, rotação de culturas e uso de sementes sadias (Maringoni & Camara, 2006; Alencar *et al.*, 2008; Herbes *et al.*, 2008). Entretanto, o uso de variedades resistentes constitui um dos mais importantes meios de controle de doenças de plantas cultivadas, pois, além de ser uma das medidas mais econômicas, não traz risco de contaminação ambiental (Galli, 2005). Por isso, sempre que existirem fontes satisfatórias de resistência disponíveis para o melhoramento, o emprego desta estratégia de controle deve ser utilizado.

Os objetivos deste trabalho foram estimar a eficiência da seleção, em populações segregantes de feijoeiro, para resistência à murcha de *Curtobacterium*, e indicar o melhor período do ciclo da cultura para se proceder à seleção das plantas resistentes.

MATERIAL E MÉTODOS

As plantas segregantes foram obtidas por meio de cruzamentos convergentes dos cultivares IAC-Carioca Pyatã (Pyatã) e IAC-Carioca Aruã (Aruã), considerados resistentes à doença; SCS Guarã (Guarã) e Pérola, susceptíveis (Maringoni, 2002). Na safra de 2009/10, foram

realizados os cruzamentos IAC-Carioca Aruã x SCS Guarã, IAC-Carioca Pyatã x SCS Guarã e IAC-Carioca Pyatã x Pérola e obtidas às gerações F₁ e F₂. Na geração F₂ (2010/2), foi feita a seleção individual de plantas, originando 80 famílias F_{2,3}. Nas famílias F_{2,3}, foi realizada a seleção de plantas dentro e entre famílias e obtidas 54 famílias em F_{3,4} (2011/2).

Em todas as gerações avaliadas (fixas e segregantes), procederam-se às inoculações da bactéria. A inoculação foi realizada aos nove dias após a emergência das plantas, conforme a metodologia de Maringoni (2002), com o isolado 2634 de *Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens*, proveniente da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP). A bactéria foi cultivada em meio de cultura nutriente-sacarose-ágar (NSA), por 48 horas, à temperatura de 28°C, procedeu-se à sua diluição em solução salina a 0,85% de NaCl, até atingir concentração de 10⁸ u.f.c.mL⁻¹, medida em espectrofotômetro com densidade óptica de 600 nm. A inoculação foi realizada por meio de duas punções no caule (entre as folhas cotiledonares e primárias), utilizando-se uma haste reta, previamente umedecida na solução bacteriana.

As avaliações dos sintomas da doença foram realizadas aos 20, 40 e 60 dias após a inoculação, ou seja, em períodos que englobaram desde o crescimento vegetativo (V3) até o enchimento de vagens (R8). Para estas avaliações, foi empregada a escala de notas adaptada de Maringoni (2002), na qual a ausência de sintomas = 0; sintoma de mosaico nas folhas = 1; poucas folhas murchas (1 a 3 folhas, menos de 10% das folhas das plantas) = 2; aproximadamente 15% das folhas murchas = 3; aproximadamente 20% das folhas murchas = 4; aproximadamente 25% de folhas murchas e apresentando amarelecimento = 5; aproximadamente 40% de folhas murchas e apresentando amarelecimento = 6; aproximadamente 50% de folhas murchas apresentando amarelecimento e necrose de folíolos, plantas com nanismo = 7; aproximadamente 60% de folhas murchas, amarelecimento e necrose de folíolos, plantas com nanismo = 8; acima de 75% de folhas com murcha e, ou, necrose, queda prematura de folhas, nanismo severo e, ou, morte da planta = 9.

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, utilizando-se delineamento inteiramente casualizado, com números diferentes de plantas por geração, sendo cada planta uma repetição. Assim, foram conduzidas 600 plantas em F₂, 500 em F_{2,3} e 390 em F_{3,4}, acondicionadas em recipientes plásticos com volume de 1,5 kg de substrato.

A análise de variância conjunta foi feita, utilizando-se o procedimento MIXED (Littell *et al.*, 2006), por meio do seguinte modelo misto: $Y_{ij} = \mu + ai + bj + e_{ij}$, em que: μ = média geral; ai = valores dos efeitos fixos i ; bj = valores dos efeitos aleatórios; e = erro do modelo na gera-

ção *i* no cruzamento *j*. Este modelo possui vantagem sobre os modelos mistos clássicos, pois possibilita fazer predição de efeitos aleatórios, na presença de efeito fixo, por meio do melhor preditor linear não viesado (*Best Linear Unbiased Prediction* - BLUP).

Um fator limitante, encontrado nas análises, é derivado das avaliações dos sintomas da doença ao longo do tempo, que não são passíveis de casualização, além de estarem muito próximas umas das outras (intervalo de 20 dias), de maneira que os erros tendem a estar correlacionados. Isto implica a violação da pressuposição da independência dos erros. A correlação dos erros geralmente está associada à posição relativa das unidades experimentais, no espaço ou no tempo. Em muitas situações, é esperado que as unidades próximas no tempo sejam mais semelhantes do que unidades distantes. Nestes casos, para sanar esta dificuldade, deve ser escolhida a estrutura da matriz *G* (matriz de variância e covariância) que melhor se ajuste ao modelo, assim os resultados das estimativas de BLUPs aproximar-se-ão dos resultados do BLUE (*Best Linear Unbiased Estimator*); para isto, três matrizes de variância e covariância (AR1 = Autoregressiva de primeira ordem, TOEP1 = Toeplitz1 e CS= Simetria Composta), foram avaliadas conforme o critério de informação Akaike (AIC), o qual indica o melhor ajuste de matriz *G*.

As análises de variância, os contrastes ($H_0: \mu_1 = \mu_2$; $H_A: \mu_1 \neq \mu_2$) e os espaços de inferências foram submetidos ao teste *F*, a 5% de significância. As estimativas de herdabilidade, no sentido amplo: $h_2 = v_g/v_f$, em que v_g = variação genética e v_f = variação fenotípica total; os ganhos de seleção preditos: $GS = [h_2 \times (Mo - Ms)]$, em que h_2 = herdabilidade no sentido amplo, Ms = média da população selecionada e Mo = média da população original, são obtidos segundo Ramalho *et al.* (2008). Essas estimativas foram geradas para cada geração segregante.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância mostrou que não houve diferença significativa entre as três populações (efeito fixo), com $Pr > F = 0,94$. Isto indica que as gerações nos três cruzamentos têm um comportamento semelhante para resistência à doença.

Considerando-se os efeitos aleatórios (Avaliação e Geração) e suas estimativas de valores genotípicos (BLUP's), para as gerações e suas interações com as populações, bem como entre as avaliações ao longo do tempo, pôde ser determinado que as gerações segregantes dos três cruzamentos possuem comportamentos semelhantes. Isso é verificado em F_2 , para a qual as estimativas BLUPs sempre são superiores à média geral ($\mu = 1,28$); já, ao longo das gerações $F_{2,3}$ e $F_{3,4}$ as estimativas são negativas, inferiores à média geral, representando a diminuição

ou retrocesso das notas e dos sintomas atribuídos à murcha de *Curtobacterium* (Figura 1). Essa redução é resultado da seleção direta, com foco nas plantas com resistência à doença e, portanto, a seleção direta, comparada com a indireta, é a que proporciona os maiores ganhos para um determinado caráter (Santos & Araújo, 2001).

Após a determinação da matriz *G* adequada ao modelo, AR1, foram procedidas as estimativas das avaliações ao longo do tempo (20, 40 e 60 dias após inoculação). As estimativas indicaram que, aos 20 dias, as notas dos sintomas são menores que a da média geral (-0,53), aumentando gradativamente ao longo dos dias e das avaliações, chegando ao valor de 0,48 acima da média geral, 60 dias após a inoculação com *C. flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens* (Tabela 1). Os contrastes mostraram diferenças significativas entre as três épocas de avaliação. Esses resultados demonstraram que os sintomas ocasionados pela doença nas plantas são progressivos e diferentes, ao longo do tempo, podendo apresentar comportamentos antagônicos, conforme a geração e população avaliada.

As avaliações ao longo do tempo, para os três níveis testados, fator significativo, mostraram, por meio dos espaços de inferências, que o comportamento ou diferenças entre as avaliações foram semelhantes nas três populações, tanto nas gerações F_2 como em $F_{2,3}$ e $F_{3,4}$. Em F_2 , não ocorrem diferenças significativas entre a primeira avaliação (Av.20) e a segunda (Av.40); já para as gerações $F_{2,3}$ e $F_{3,4}$ (Tabela 2), existem diferenças em quase todos os espaços de inferência testados (Av.20 vs Av.40 e Av.40 vs Av.60), com exceção de Av.40 vs Av.60, em Pyatã x Pérola. Os resultados indicam que as diferenças gerais encontra-

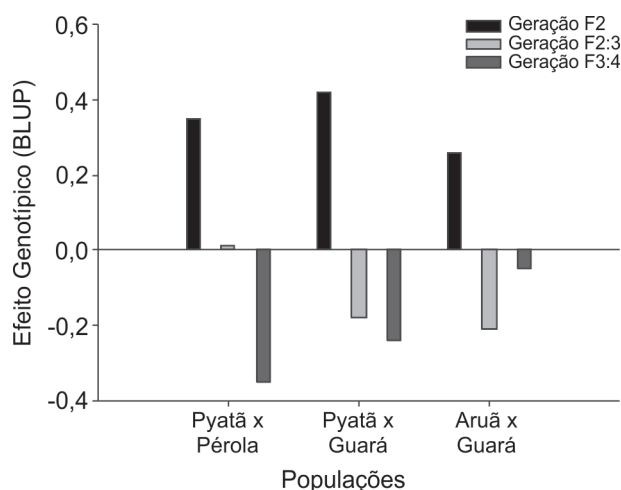


Figura 1. Efeitos genotípicos preditos, usando BLUP (β) ao nível individual dos sintomas da Murcha de *Curtobacterium*, englobando os três níveis de avaliação (20, 40 e 60 dias após inoculação) nas gerações F_2 , $F_{2,3}$ e $F_{3,4}$ derivadas dos cruzamentos dos cultivares de feijoeiro Pyatã x Pérola, Pyatã x Guará e Aruã x Guará. UDESC – IMEGEM, Lages - SC.

das entre os contrastes (Tabela 1), nas três épocas testadas, são explicadas pelas diferenças ocorridas entre as gerações $F_{2,3}$ e $F_{3,4}$.

As inferências, nas três épocas de avaliação da doença, indicaram como melhor período de seleção de plantas o compreendido entre 40 e 60 dias após a inoculação, principalmente para $F_{2,3}$ e $F_{3,4}$, em que ocorreu a estabilização dos sintomas das plantas e as maiores notas para esses sintomas, facilitando a seleção e distinguibilidade entre plantas susceptíveis e resistentes. A avaliação não deve ser realizada antes dos 40 dias após a inoculação, por causa da instabilidade dos sintomas, que ainda progredem para escalas de notas mais altas, podendo levar ao erro de selecionar-se uma planta, aparentemente resistente (sem sintomas). O período propício para seleção também não pode ser demasiadamente superior aos 60 dias, pois poderão ocorrer erros de avaliação entre sintoma de amarelecimento e senescência foliar natural.

Os espaços de inferências, feitos para as gerações dentro de cada população e época de avaliação, mostraram que não há diferenças significativas entre F_2 e $F_{2,3}$, $F_{2,3}$ e $F_{3,4}$, quando avaliadas aos 20 e 40 dias após a inoculação. As únicas diferenças encontradas aparecem na terceira

Tabela 1. Efeitos genotípicos preditos, usando BLUP (β) e contrastes para avaliações de sintomas da murcha de *Curtobacterium* aos 20, 40 e 60 dias após inoculação nas gerações F_2 , $F_{2,3}$ e $F_{3,4}$, derivadas dos cruzamentos dos cultivares de feijoeiro Pyatã x Pérola, Pyatã x Guarã e Aruã x Guarã. UDESC – IMEGEM, Lages - SC

Avaliações	β	Contrastes	Pr > F
20	-0,53	Av 20 vs Av 40	0,027
40	0,04	Av 20 vs Av 60	0,018
60	0,48	Av 40 vs Av 60	0,032

Tabela 2. Contrastes entre médias de sintomas da murcha de *Curtobacterium* aos 20, 40 e 60 dias após inoculação nas gerações F_2 , $F_{2,3}$ e $F_{3,4}$, derivadas dos cruzamentos de cultivares de feijoeiro Aruã x Guarã, Pyatã x Guarã e Pyatã x Pérola. UDESC – IMEGEM, Lages - SC

Avaliações	Populações/Gerações		
	F_2 Pr>F	$F_{2,3}$ Pr>F	$F_{3,4}$ Pr>F
Aruã x Guarã			
Av.20 vs Av.40	0,15	0,01	0,01
Av.40 vs Av.60	0,41	0,01	0,04
Pyatã x Guarã			
Av.20 vs Av.40	0,45	0,007	0,01
Av.40 vs Av.60	0,96	0,01	0,01
Pyatã x Pérola			
Av.20 vs Av.40	0,29	0,02	0,01
Av.20 vs Av.60	0,70	0,06	0,01

avaliação (60 dias), em todas as populações e na maioria das gerações selecionadas (Tabela 3). Isto demonstra que as reações sintomáticas das plantas em relação à doença não diferem, mesmo mudando-se as gerações de autofecundação, até os primeiros 40 dias da infecção. As diferenças encontradas na terceira avaliação (Av.60) são tão relevantes, que foram responsáveis por diferirem, de modo geral, as gerações, dentro de cada população (Tabela 4). Assim, a geração F_2 difere de $F_{2,3}$ e $F_{3,4}$, em todas as populações, e $F_{2,3}$ difere de $F_{3,4}$, nas populações de Aruã x Guarã e Pyatã x Pérola.

Pelas diferentes análises, contrastes e espaços de inferências entre fatores fixos e aleatórios, identificam-se

Tabela 3. Contraste entre médias de sintomas da murcha de *Curtobacterium* aos 20, 40 e 60 dias após inoculação nas gerações F_2 , $F_{2,3}$ e $F_{3,4}$, derivadas dos cruzamentos de cultivares de feijoeiro Aruã x Guarã, Pyatã x Guarã e Pyatã x Pérola. UDESC – IMEGEM, Lages - SC

Gerações	População/Avaliação	Pr>F
Aruã x Guarã		
F_2 vs $F_{2,3}$		0,01
F_2 vs $F_{3,4}$		0,03
$F_{2,3}$ vs $F_{3,4}$		0,32
Pyatã x Guarã		
F_2 vs $F_{2,3}$		0,01
F_2 vs $F_{3,4}$		0,01
$F_{2,3}$ vs $F_{3,4}$		0,12
Pyatã x Pérola		
F_2 vs $F_{2,3}$		0,02
F_2 vs $F_{3,4}$		0,01
$F_{2,3}$ vs $F_{3,4}$		0,02

Tabela 4. Contrastes entre médias de sintomas da murcha de *Curtobacterium*, englobando três avaliações (20, 40 e 60 dias após inoculação) nas gerações F_2 , $F_{2,3}$ e $F_{3,4}$, derivadas de cruzamentos de cultivares de feijoeiro Aruã x Guarã, Pyatã x Guarã e Pyatã x Pérola. UDESC – IMEGEM, Lages - SC

Gerações	Populações	Pr > F
Aruã x Guarã		
F_2 vs $F_{2,3}$		0,0001
F_2 vs $F_{3,4}$		0,0001
$F_{2,3}$ vs $F_{3,4}$		0,01
Pyatã x Guarã		
F_2 vs $F_{2,3}$		0,0001
F_2 vs $F_{3,4}$		0,0001
$F_{2,3}$ vs $F_{3,4}$		0,37
Pyatã x Pérola		
F_2 vs $F_{2,3}$		0,0001
F_2 vs $F_{3,4}$		0,0001
$F_{2,3}$ vs $F_{3,4}$		0,0001

três peculiaridades ou razões pelas quais as populações são semelhantes, em relação à resistência à murcha de *Curtobacterium*: i) estimativas e espaços de inferências para as gerações segregantes são semelhantes; ii) mesmo comportamento das gerações nas avaliações ao longo do tempo; iii) formação dos cruzamentos, em que o segundo e terceiro cruzamentos possuem em comum o genitor Pyatã.

A herdabilidade é uma estimativa que varia conforme a característica estudada, o método de estimação, a diversidade da população, o nível de endogamia da população, o tamanho da amostra, o número e o tipo de ambientes considerados, a unidade experimental e a precisão do experimento e da coleta de dados (Borém & Miranda, 2009). Por isto, as estimativas de herdabilidades, no sentido amplo, nas três gerações, variaram conforme as gerações e populações. Assim, as menores estimativas de herdabilidade estão nas gerações de F₂ (Tabela 5) e isto ocorre por causa de a seleção, em F₂, ser baseada em plantas sem teste de progênie; já, em F_{2;3} e F_{3;4}, a seleção é baseada no teste de progênie. As maiores estimativas de herdabilidade estão dentro das populações nas gerações F_{3;4} (Tabela 5); segundo Falconer (1987), a estimativa da herdabilidade aumenta à medida que se sucedem as gerações de autofecundações. Todavia, a contribuição da seleção, usando-se teste de progênie, tende a garantir que o efeito de resistência à doença seja de origem genética e não ambiental, intensificando a variação genética em detrimento da ambiental, aumentando, concomitantemente, a herdabilidade.

Sendo o objetivo principal a diminuição dos sintomas ou, então, o aumento da resistência das populações, ao longo dos ciclos de seleção, os ganhos de seleção (Tabela

5) devem ser negativos. Dessa forma, esses ganhos preditos demonstram que há maiores retrocessos da doença nas populações em Pyatã x Pérola, em comparação com populações oriundas de Pyatã x Guarã e Aruã x Guarã. Os menores retrocessos das populações em Pyatã x Guarã são devidos aos baixos coeficientes de herdabilidade e diferenciais de seleção. Existe, neste caso, a possibilidade do aumento da eficiência da seleção, pois, quando se seleciona uma menor proporção de indivíduos (plantas com notas de 1 a 2 para os sintomas), o valor do diferencial de seleção é aumentado e, conseqüentemente, também o ganho de seleção. Entretanto, um índice de seleção rigoroso é conveniente apenas no ponto de vista fitopatológico (Cândida *et al.*, 2009), pois os indivíduos selecionados, por apresentarem menores notas em relação aos sintomas, terão um número reduzido de murchas, amarelecimentos e nanismo causados pela bactéria, resultando na diminuição da fonte de inóculo e na disseminação da doença. Por outro lado, uma seleção rigorosa diminui a variabilidade genética da população à seleção, o que não é aconselhável em um processo de melhoramento (Cândida *et al.*, 2009). Dessa forma, é importante a manutenção da variabilidade genética, principalmente por ser a resistência ao *Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens* isolado 2634 um caráter oligogênico (Valentini *et al.*, 2011) e as fontes de resistência para estas doenças serem de origens distintas. Segundo Pompeu (1997), o cultivar IAC-Carioca Aruã resulta de seleção feita em F₄ do cruzamento (10771.122) x [(H5380-41.A156) x (H5380-41.AB136)] e o cultivar IAC-Carioca Pyatã é proveniente de seleções realizadas na geração F₃ do cruzamento DOR41 x (10-3-1.TU1B1-2.10-9-1). Logo, para manter esta variabilidade, a seleção foi praticada em plantas com notas entre 1 e 4.

A resistência das plantas, segundo Halluka *et al.* (1978) pode ser condicionada pela menor quantidade de bactéria nos tecidos infectados pelo patógeno, indicando existir algum tipo de mecanismo (bioquímico ou físico), na planta, que dificulta a colonização. Maringoni (2002) evidenciou, nos cultivares Cariquinha e IAC Carioca (susceptíveis à murcha de *Curtobacterium*), que o tecido vascular xilemático é o principal ponto onde se verifica a presença de grande quantidade de células bacterianas, levando à degeneração dos vasos do xilema pelas bactérias e falhas no transporte de seiva, que geram os sintomas típicos da doença. Já as plantas com resistência a *C. flaccumfaciens* pv. *Flaccumfaciens*, possuem projeções protoplasmáticas para o interior dos vasos de xilema, o que sugere o início da formação de tilose, ou seja, projeções que se entrelaçam e formam uma barreira com estruturas rendilhada (Maringoni, 2002; Souza *et al.*, 2006). Segundo os autores, isto é consequência da atuação de mecanismos físicos e bioquímicos de resistência, em genótipos resistentes. Esta hipótese é reforçada pelo fato

Tabela 5. Contrastes entre médias de sintomas da murcha de *Curtobacterium*, englobando três avaliações (20, 40 e 60 dias após inoculação) nas gerações F₂, F_{2;3} e F_{3;4}, derivadas de cruzamentos de cultivares de feijoeiro Aruã x Guarã, Pyatã x Guarã e Pyatã x Pérola. UDESC – IMEGEM, Lages - SC

Populações	F ₂		
	h ₂ (%)	GS	GS (%)
Pyatã x Pérola	40,4	0,82	-15,8
Pyatã x Guarã	07,9	0,21	-03,7
Aruã x Guarã	38,6	0,78	-15,2
F _{2;3}			
Pyatã x Pérola	64,4	1,12	-34,2
Pyatã x Guarã	12,8	0,18	-06,3
Aruã x Guarã	37,5	0,43	-16,2
F _{3;4}			
Pyatã x Pérola	67,5	0,61	-22,1
Pyatã x Guarã	28,5	0,25	-09,6
Aruã x Guarã	51,3	0,40	-13,5

de essas estruturas não serem encontradas em genótipos. As formações dessas tiloses podem estar condicionando um fator determinante para que plantas $F_{2,3}$ e $F_{3,4}$ possuam fenótipos com poucos sintomas.

O *Curtobacterium* é um patógeno recente no Brasil e já é detectado em várias regiões onde o feijoeiro é cultivado. Medidas para evitar a disseminação do patógeno para outras localidades são indispensáveis. Por essa razão, o uso de cultivares resistentes é considerado um meio eficiente para o controle do patógeno e, conseqüentemente, da doença.

CONCLUSÕES

É possível desenvolver cultivares resistentes à murcha de *Curtobacterium* e as populações formadas pelos cruzamentos Aruã x Guará e Pyatã x Pérola são as mais promissoras para a obtenção desses cultivares. O período adequado para avaliação da resistência de plantas de feijoeiro à murcha de *Curtobacterium* situa-se entre 40 e 60 dias após a inoculação do patógeno.

REFERÊNCIAS

- Alencar NE, Wendland A, Melo LC, Costa JGC, Del Peloso MJ, Pereira HS, Faria LC & Côrtes MCVB (2008) Avaliação fenotípica de genótipos de feijoeiro comum a isolados de *Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens*. In: Congresso Nacional de Pesquisa de Feijão, Campinas. Anais, Conafe. p.957-960.
- Borém A & Miranda GV (2009) Melhoria de Plantas. 5ª ed. Viçosa, Editora UFV. 529p.
- Cândida DV, Costa JGC, Rava CA & Carneiro MS (2009) Controle genético da murcha do fusário (*Fusarium oxysporum*) em feijoeiro comum. *Tropical Plant Pathology*, 34:379-384.
- Falconer DS (1987) Introdução à genética quantitativa. Viçosa, Editora UFV. 279p.
- Galli F (2005) Variedades resistentes. In: Kimati H, Amorim L, Rezende JAM, Bergamim Filho A & Camargo LEA (Eds.) Manual de Fitopatologia: Doenças de Plantas Cultivadas. 4ª ed. São Paulo, Agronômica Ceres. p.297-324.
- Hedges FA (1926) Bacterial wilt of bean (*bacterium flaccumfaciens* hedges) including compartments with bacterium phaseoli. *Phytopathology*, 16:01-22.
- Herbes DH, Theodoro GF, Maringoni AC, Dal Piva CA & Abreu Lde (2008) Detecção de *Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens* em sementes de feijão produzidas em Santa Catarina. *Tropical Plant Pathology*, 33:153-156.
- Halluka M, Schuster ML, Wehing JC & Coyne DP (1978) Population trends of *Corynebacterium flaccumfaciens* strain in leaves of *Phaseolus* species. *Fitopatologia Brasileira*, 3:13-26.
- Leite Júnior RP, Meneguim L, Behla F, Rodrigues SR & Bianchini A (2001) Ocorrência de *Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens* em feijoeiro no Paraná e Santa Catarina. *Fitopatologia Brasileira*, 2:303-304.
- Littell RC, George AM, Walter WS, Russell DW & Oliver S (2006) SAS for Mixed Models, 2ª ed. Cary, SAS Institute Inc. 815p.
- Maringoni AC & Rosa EF (1997) Ocorrência de *Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens* em feijoeiro no Estado de São Paulo. *Summa Phytopathologica*, 23:160-162.
- Maringoni AC & Camara RC (2006) *Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens* detection in bean seeds using a semi-selective culture medium. *Brazilian Journal of Microbiology*, 37:451-455.
- Maringoni AC (2002) Comportamento de cultivares de feijoeiro comum à murcha-de-Curtobacterium. *Fitopatologia Brasileira*, 27:157-162.
- Pompeu AS (1997) Iac-Maravilha, IAC-Una, IAC-Carioca Pyatã, IAC-Carioca Aruã, IAC-Carioca Akytã E IAC-Bico De Ouro: Novos Cultivares de Feijoeiro. *Bragantia*, 56:79-85.
- Ramalho MAP, Santos JB & Pinto CABP (2008) Genética na Agropecuária. 4ª ed. Lavras, Universidade Federal de Lavras. 463p.
- Souza VL, Maringoni AC, Sérgio AMC & Ito MF (2006) Resistência genética em genótipos de feijoeiro a *Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens*. *Summa Phytopathologica*, 32:339-344.
- Santos CA & Araújo FP (2001) Aplicação de índices para seleção de caracteres agronômicos de feijão-de-corda. *Ciência Agronômica*, 32:08-84.
- Theodoro GF, Maringoni AC & Hemp S (2004) Distribuição de *Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens* em lavouros de feijoeiro comum no estado de Santa Catarina. *Fitopatologia Brasileira*, 29 (Suplemento): S39.
- Theodoro GF & Maringoni AC (2006) Effect of potassium levels in the severity of bacterial wilt in common bean cultivars. *Summa Phytopathologica*, 32:139-146.
- Valentini G, Baldissera JNC, Morais PPP, Stähelin D, Heidemann, JC, Stenger F, Elias HT, Guidolin AF & Coimbra JLM (2011) Herança da resistência em feijão à murcha causada por *Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 46:1045-1052.
- Valentini G, Guidolin AF, Baldissera JNC & Coimbra JLM (2010) *Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens*: Etiologia, detecção e medidas de controle. *Biotemas*, 23:01-08.