

# Capacidade combinatória em mamoeiro para resistência a oídio

Marcelo Vivas (1\*); Silvaldo Felipe da Silveira (1); Deisy Lúcia Cardoso (2); Messias Gonzaga Pereira (2); Janieli Maganha Silva Vivas (1); Geraldo Antônio Ferregueti (3)

(1) Laboratório de Entomologia e Fitopatologia, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), Avenida Alberto Lamego, 2000, Parque Califórnia, 28013-602, Campos dos Goytacazes (RJ), Brasil.

(2) Laboratório de Melhoramento Genético Vegetal, UENF, Campos dos Goytacazes (RJ), Brasil.

(3) Caliman Agrícola S.A, 29900-970 Linhares (ES), Brasil.

(\*)Autor correspondente: mrclvivas@hotmail.com

Recebido: 3/nov./2012; Aceito: 5/dez./2012

## Resumo

A resistência genética constitui alternativa sustentável para o controle do oídio. Objetivando indicar possíveis combinações híbridas que contribuam para a redução da severidade de oídio em folha de mamoeiro, foi realizado um cruzamento dialélico envolvendo oito genótipos, sendo quatro do grupo 'Solo' e quatro do grupo 'Formosa'. Os 56 híbridos (F1's e recíprocos) juntamente com seus genitores foram avaliados em blocos casualizados com quatro repetições. A severidade do oídio na folha foi quantificada em março e maio de 2010, respectivamente, aos 11 e 13 meses após o plantio. Com a média de cada tratamento foram estimadas as capacidades geral e específica de combinação. Assim, considerando as estimativas da capacidade combinatória obtidas com base na média das duas avaliações, as melhores combinações para os genitores avaliados quanto à severidade do oídio foram 'Maradol x Waimanalo', 'Maradol x Sunrise Solo 72/12', 'JS 12-4 x São Mateus', 'Sekati x Waimanalo', 'Sekati x Golden', 'Sekati x Sunrise Solo 72/12', 'Sekati x São Mateus', 'Waimanalo x São Mateus' e 'Golden x São Mateus'. Os resultados evidenciam ainda a possibilidade de obtenção de híbridos com potencial para redução da severidade do oídio provenientes de cruzamentos entre genótipos dos grupos 'Solo' e 'Formosa' e também em cruzamentos dentro do grupo 'Solo'.

Palavras-chave: *Streptopodium caricae*, *Carica papaya*, hibridação.

## Combining ability for resistance to powdery-mildew in papaya

### Abstract

Genetic resistance represents a sustainable alternative to control powdery-mildew in papaya crop. Diallelic crosses were performed among eight papaya genotypes, belonging to 'Solo' and 'Formosa' heterotic groups, four from each one with aiming to indicate possible hybrid combinations that contribute to reducing the severity of powdery-mildew on leaf. The 56 hybrid combinations (F1's and reciprocals) along with their parents were evaluated in a randomized complete block design with four replications. Powdery-mildew severity on leaves was measured in March and May 2010, respectively, at 11 and 13 months after planting. The general and specific combining ability were estimated from the severity data. Thus, considering the estimates of combining ability, the hybrids 'Maradol x Waimanalo', 'Maradol x Sunrise Solo 72/12', 'JS 12-4 x São Mateus', 'Sekati x Waimanalo', 'Sekati x Golden', 'Sekati x Sunrise Solo 72/12', 'Sekati x São Mateus', 'Waimanalo x São Mateus' and 'Golden x São Mateus' are the best combinations for the parents assessed to the severity of powdery-mildew. The results also show the possibility of obtaining hybrids with potential for reducing the severity of powdery-mildew, from crosses between genotypes of the groups 'Solo' and 'Formosa' and at crossings within the 'Solo' group.

Key words: *Streptopodium caricae*, *Carica papaya*, hybridization.

## 1. INTRODUÇÃO

O mamoeiro (*Carica papaya* L.) é uma das fruteiras tropicais de maior importância no Brasil. O mamão é a sétima fruta "in natura" mais exportada no País, sendo cultivado em cerca de 30 mil hectares, que estão concentrados nos Estados: Espírito Santo, Bahia, Ceará e Rio Grande do Norte (AGRIANUAL, 2011). Apesar da

grande importância que a cultura representa, o país ainda carece de variedades e ou híbridos que atendam as exigências do mercado consumidor e que agreguem, além de características de alta produtividade e qualidade de frutos, a resistência às principais doenças que acometem a cultura do mamoeiro.

No Brasil, o mamoeiro é hospedeiro de duas espécies de oídio: *Phyllactinia caricaefolia* Viégas (VIÉGAS,

1944) e *Streptopodium caricae* Liberato & R. W. Barreto (LIBERATO et al., 2004). *S. caricae* é a espécie comumente observada ocasionando sintomas de oídio em folhas de mamoeiro na região norte do Espírito Santo (LIBERATO et al., 2004). TATAGIBA et al. (2002) descreveram que os sintomas do oídio restringem-se ao limbo foliar, com áreas cloróticas de formato irregular na face adaxial, as quais, posteriormente, amarelecem prematuramente, podendo coalescer e atingir grande extensão do limbo. Nas áreas atacadas na superfície abaxial das folhas, surgem pontos encharcados onde se desenvolvem micélio e frutificações do patógeno, muito tênues, podendo formar uma massa pulverulenta branco-acinzentada, em alguns casos (TATAGIBA et al., 2002).

O oídio ocorre durante todo o ano, e em condições climáticas favoráveis, exige o controle químico. Para reduzir a dependência da cultura do mamoeiro em relação aos fungicidas convencionais, pesquisas têm sido direcionadas visando-se à seleção de material genético resistente à mancha-de-phoma (VIVAS et al., 2010; 2011) e à pinta-preta (VIVAS et al., 2011; 2012). Todavia, faltam informações quanto à resistência de mamoeiro ao oídio. Torna-se, portanto, imprescindível o conhecimento do comportamento dos genótipos disponíveis, tanto *'per se'*, quanto em combinação. Nesse contexto, os sistemas de cruzamentos em esquemas dialélicos são bastante eficientes em avaliar as cultivares, pois, além de indicar os melhores híbridos, auxiliam na escolha dos genitores mais promissores para serem utilizados no programa de hibridação (CRUZ e REGAZZI, 2001).

Desse modo, o presente estudo objetivou avaliar por meio de cruzamentos dialélicos, a capacidade geral e específica de combinação de oito genitores de mamoeiro visando indicar possíveis combinações híbridas, que contribuam para reduzir a severidade do oídio em folha de mamoeiro.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Um experimento foi realizado em esquema de dialelo completo entre oito genitores, quatro do grupo 'Formosa' ('Maradol', 'JS12-N', 'JS12-4' e 'Sekati') e quatro do grupo 'Solo' ('Waimanalo', 'Golden', 'Sunrise Solo 72-12' e 'São Mateus'). O experimento foi desenvolvido em meados de abril de 2009 na empresa Caliman Agrícola S/A, em Linhares (ES).

As 56 combinações ( $F_1$ 's e recíprocos) e seus respectivos genitores foram avaliados em delineamento estatístico em blocos ao acaso, com quatro repetições, sendo cada parcela composta de 10 plantas (duas fileiras de cinco plantas cada uma), em espaçamento de 2,0x1,8 m. Entre tratamentos, lateralmente, adotou-se o espaçamento de 3,6 m. Foram consideradas úteis nas avaliações as três plantas centrais de cada fileira. A irrigação, do tipo

microaspersão, foi realizada conforme as necessidades da cultura e os tratamentos culturais foram os recomendados para o mamoeiro (MARIN et al., 1995). A severidade do oídio foi quantificada na folha com a axila anexa à primeira flor aberta em março e maio de 2010, respectivamente, aos 11 e 13 meses após o plantio, utilizando-se a escala diagramática proposta por SANTOS et al. (2011).

Foi realizada análise de variância conjunta, considerando-se também a época de avaliação como fonte de variação. As somas de quadrados só foram desmembradas em capacidade específica e geral de combinação quando constatado efeito significativo de genótipo. Além das estimativas da capacidade combinatória, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. Nas análises de capacidade combinatória, foram incluídos os genitores e os híbridos  $F_1$ 's com os recíprocos. Considerou-se para análise o Modelo 1 de GRIFFING (1956). Todas as análises foram realizadas no programa genes (CRUZ, 2006).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não foi observado efeito da interação entre genótipo e ambiente (época de avaliação). Desta forma, as médias dos genótipos (genitores e híbridos) foram apresentadas de forma conjunta, obtendo-se dois grupos (Tabela 1). Considerando que não houve interação entre a fonte de variação genótipo e época de avaliação, procedeu-se a decomposição da soma de quadrados de tratamentos em capacidade específica de combinação (CEC) e capacidade geral de combinação (CGC), bem como em efeito recíproco (Tabela 2). Pela análise realizada com base nos dados médios das duas épocas, constatou-se que os valores dos quadrados médios referentes à CGC foram significativos. Por outro lado, os efeitos da CEC e recíproco não, indicando que efeitos gênicos aditivos estão envolvidos no controle da característica. Desta forma, é possível prever a possibilidade de obtenção de cultivares ou híbridos novos, a partir desses genótipos.

Outro ponto observado foi a não significância do efeito recíproco para a severidade de oídio, fato este observado em todas as análises realizadas. A não significância do efeito recíproco permite hipotetizar que a direção em que se faz o cruzamento (definição de qual genitor será utilizado como feminino) não influencia na resposta dos híbridos obtidos.

Pela tabela 2, constata-se ainda, que os quadrados médios da CGC foram superiores aos quadrados médios correspondentes à CEC. Em relação às médias dos quadrados dos efeitos, observou-se predominância dos efeitos gênicos aditivos expressos pela comparação dos valores 0,0593 e 0,0009 denotando, assim, que a melhor estratégia a ser adotada é a utilização de melhoramento intrapopulacional a exemplo da seleção massal.

**Tabela 1.** Teste de agrupamento de média para a severidade do oídio estimada com base na média das avaliações de duas épocas (março e maio de 2010)

Cruzamentos / Genitores	Severidade (%)		Cruzamentos / Genitores	Severidade (%)	
'São Mateus x Maradol'	0,02	B*	'Waimanalo x São Mateus'	0,62	B
'Waimanalo x Maradol'	0,17	B	'SS 72-12 x São Mateus'	0,62	B
'Golden x JS12-N'	0,18	B	'São Mateus x Sekati'	0,65	B
'Golden x JS12-4'	0,18	B	'JS12-4 x Golden'	0,65	B
'Sekati x Waimanalo'	0,23	B	'JS12-4 x Waimanalo'	0,65	B
'Maradol x Waimanalo'	0,24	B	'Waimanalo x JS12-N'	0,69	B
'JS12-N x JS12-4'	0,26	B	'Waimanalo x JS12-4'	0,69	B
'Maradol x SS 72-12'	0,32	B	'Golden x Waimanalo'	0,70	B
'Waimanalo x SS 72-12'	0,32	B	'Maradol x JS12-N'	0,71	B
'JS12-4 x Maradol'	0,35	B	'Maradol x JS12-4'	0,71	B
'JS12-N x Waimanalo'	0,36	B	'Golden x São Mateus'	0,72	B
'Waimanalo x Golden'	0,37	B	'São Mateus x JS12-N'	0,76	A
'Sekati x Maradol'	0,37	B	'São Mateus x JS12-4'	0,76	A
'SS 72-12 x Golden'	0,42	B	'SS 72-12 x JS12-N'	0,87	A
'JS12-4 x SS 72-12'	0,42	B	'SS 72-12 x JS12-4'	0,87	A
'JS12-N x Golden'	0,42	B	'Golden x SS 72-12'	0,87	A
'Sekati x Golden'	0,42	B	'JS12-4 x JS12-N'	0,90	A
'SS 72-12 x Sekati'	0,43	B	'JS12-N x São Mateus'	0,90	A
'São Mateus x Waimanalo'	0,44	B	'JS12-N x SS 72-12'	0,93	A
'JS12-N x Maradol'	0,46	B	'JS12-4 x São Mateus'	1,03	A
'Maradol x São Mateus'	0,47	B	'Sekati x JS12-N'	1,09	A
'Sekati x São Mateus'	0,49	B	'Sekati x JS12-4'	1,09	A
'Golden x Sekati'	0,49	B	'JS12-4 x Sekati'	1,13	A
'São Mateus x Golden'	0,50	B	'JS12-N x Sekati'	1,25	A
'Golden x Maradol'	0,52	B	'Maradol'	0,14	B
'SS 72-12 x Maradol'	0,53	B	'JS12-N'	0,26	B
'Sekati x SS 72-12'	0,53	B	'Waimanalo'	0,61	B
'Maradol x Golden'	0,56	B	'Sekati'	0,77	A
'Maradol x Sekati'	0,58	B	'JS12-4'	0,90	A
'Waimanalo x Sekati'	0,61	B	'SS 72-12'	0,93	A
'São Mateus x SS 72-12'	0,61	B	'Golden'	1,15	A
'SS 72-12 x Waimanalo'	0,61	B	'São Mateus'	1,26	A

\*Médias seguidas pela mesma letra constituem um grupo homogêneo pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

**Tabela 2.** Estimativas dos quadrados médios da capacidade geral de combinação (CGC), da capacidade específica de combinação (CEC), do efeito recíproco e do erro e média dos quadrados dos efeitos para a severidade do oídio de acordo com o Método 1, Modelo 1, de Griffing. Linhares, Espírito Santo, 2010

Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Quadrado Médio
Genótipos	63	0,8133**
CGC	7	4,1907**
CEC	28	0,4004 <sup>ns</sup>
Recíproco	28	0,3813 <sup>ns</sup>
Resíduo	189	0,3974
<b>Média dos quadrados dos efeitos</b>		
CGC		0,0593
CEC		0,0009
Recíproco		-0,0020
Resíduo		0,3974

\*\*Significativo ao nível de 1% pelo teste F. <sup>ns</sup>: Não significativo pelo teste F.

Com base nos dados obtidos, pode-se inferir sobre a ocorrência de herança quantitativa, uma vez que foram obtidos diferentes níveis de resistência entre os genitores, bem como seus respectivos híbridos (Tabela 1). Acredita-se que os genes responsáveis pela resistência ao oídio estejam distribuídos de forma independente ao longo do cromossomo, agindo, assim, de forma aditiva na complementação dos híbridos, o que não exclui a possibilidade de dominância e da interação entre tais genes (Tabela 2).

Quanto aos efeitos de CGC, observou-se que os genótipos 'Maradol' (-0,495), 'Sekati' (-0,085) e 'São Mateus' (-0,178) se destacaram pelas estimativas de CGC negativas (Tabela 3). Altos valores de CGC indicam que determinado genitor tem grande valor genético acarretando, desta forma, em combinações desejáveis quando associado com diferentes genitores. No presente estudo, constatou-se que o genitor

'Maradol' tem grande valor genético. A superioridade deste genótipo já foi observada para resistência a outras doenças foliares (Vivas et al., 2010; 2011; 2012) e características

**Tabela 3.** Estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação (CGC) para severidade do oídio de oito genitores de mamoeiro. Linhares (ES), 2010

Genitores	CGC
'Maradol'	-0,495
'JS 12-N'	0,014
'JS 12-4'	0,047
'Sekati'	-0,085
'Waimanalo'	0,314
'Golden'	0,184
'Sunrise Solo 72/12'	0,200
'São Mateus'	-0,178
DP (Gi)	0,073
DP (Gi-Gj)	0,111

DP: desvio-padrão das estimativas de CGC.

**Tabela 4.** Estimativa dos efeitos de capacidade específica de combinação (CEC) e do efeito recíproco (Rec.) estimadas em híbridos resultante do cruzamento entre genitores de mamão quanto à severidade do oídio. Linhares (ES), 2010

Híbridos	Média das Épocas	
	CEC	Rec.
'Maradol x JS 12-N'	0,005	0,225
'Maradol x JS 12-4'	0,103	0,165
'Maradol x Sekati'	0,015	0,165
'Maradol x Waimanalo'	-0,329	0,140
'Maradol x Golden'	0,246	0,265
'Maradol x Sunrise Solo 72/12'	-0,075	-0,330
'Maradol x São Mateus'	0,067	0,115
'JS 12-N x JS 12-4'	0,063	0,315
'JS 12-N x Sekati'	0,295	-0,045
'JS 12-N x Waimanalo'	0,086	-0,265
'JS 12-N x Golden'	-0,254	0,185
'JS 12-N x Sunrise Solo 72/12'	0,030	-0,095
'JS 12-N x São Mateus'	0,073	0,150
'JS 12-4 x Sekati'	0,493	0,195
'JS 12-4 x Waimanalo'	-0,126	0,105
'JS 12-4 x Golden'	-0,156	0,315
'JS 12-4 x Sunrise Solo 72/12'	-0,277	-0,070
'JS 12-4 x São Mateus'	-0,245	0,445
'Sekati x Waimanalo'	-0,264	-0,105
'Sekati x Golden'	-0,204	-0,065
'Sekati x Sunrise Solo 72/12'	-0,075	-0,120
'Sekati x São Mateus'	-0,058	-0,220
'Waimanalo x Golden'	0,377	-0,265
'Waimanalo x Sunrise Solo 72/12'	0,096	0,070
'Waimanalo x São Mateus'	-0,252	0,265
'Golden x Sunrise Solo 72/12'	0,111	0,275
'Golden x São Mateus'	-0,122	-0,355
'Sunrise Solo 72/12 x São Mateus'	0,232	0,065
DP (Sij) e DP (Rij)	0,197	0,223
DP (Sij-Skl) e DP (Rij-Rkl)	0,273	0,315

DP: Desvio-padrão para as estimativas de CEC.

morfoagronômicas (MARIN et al., 2006). Desta forma, vislumbra-se a possibilidade de seleção de cultivares superiores advindas de cruzamentos que envolvam 'Maradol'.

Considerando as estimativas de CEC, observaram-se estimativas negativas de CEC para as 13 combinações híbridas (Tabela 4): 'Maradol x Waimanalo' (-0,329), 'Maradol x Sunrise Solo 72/12' (-0,075), 'JS 12-N x Golden' (-0,254), 'JS 12-4 x Waimanalo' (-0,126), 'JS 12-4 x Golden' (-0,156), 'JS 12-4 x Sunrise Solo 72/12' (-0,277), 'JS 12-4 x São Mateus' (-0,245), 'Sekati x Waimanalo' (-0,264), 'Sekati x Golden' (-0,204), 'Sekati x Sunrise Solo 72/12' (-0,075), 'Sekati x São Mateus' (-0,058), 'Waimanalo x São Mateus' (-0,252) e 'Golden x São Mateus' (-0,122).

Sobre a discriminação híbrida, GRINFFING (1956) preconizou que a melhor combinação deve ser aquela com maior estimativa de CEC e cujos genitores tenham alta CGC. Assim, considerando as estimativas obtidas com base na média das duas avaliações, as melhores combinações para os genitores avaliados quanto à severidade do oídio foram: 'Maradol x Waimanalo' (-0,329), 'Maradol x Sunrise Solo 72/12' (-0,075), 'JS 12-4 x São Mateus' (-0,245), 'Sekati x Waimanalo' (-0,264), 'Sekati x Golden' (-0,204), 'Sekati x Sunrise Solo 72/12' (-0,075), 'Sekati x São Mateus' (-0,058), 'Waimanalo x São Mateus' (-0,252) e 'Golden x São Mateus' (-0,122).

Dos híbridos citados anteriormente, VIVAS et al. (2011) relatam que, em 'Maradol x Sunrise Solo 72/12', foram observadas estimativas negativas de CEC para severidade da pinta-preta em folha e fruto, bem como para mancha-chocolate no fruto. Os mesmos autores relatam que em 'Sekati x Sunrise Solo 72/12' verificaram-se estimativas negativas para severidade de mancha-de-phoma em folha e área do fruto lesionada por pinta-preta e mancha-chocolate. Já para 'JS12 X São Mateus', VIVAS et al. (2011) destacaram o potencial para redução na severidade de mancha-de-phoma. Os mesmos autores ainda destacam o híbrido 'Sekati x Golden' com potencial para reduzir a severidade da pinta-preta em folha e fruto.

#### 4. CONCLUSÃO

Os resultados evidenciam a possibilidade de obtenção de híbridos com potencial para redução da severidade do oídio provenientes de cruzamentos entre genótipos dos grupos 'Solo' e 'Formosa' e também em cruzamentos dentro do grupo 'Solo'.

#### AGRADECIMENTOS

À Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ), à Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF) e à Caliman Agrícola S/A pelo suporte financeiro e logístico.

## REFERÊNCIAS

- AGRIANUAL. Anuário da agricultura brasileira. Mamão. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 2011. p.325-332.
- CRUZ, C.D. Programa Genes, biometria. Viçosa: Editora UFV, 2006. 377p.
- CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. Viçosa: Editora UFV, 2001. 390p.
- GRIFFING, B.A. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. Australian Journal of Biological Sciences, v.9, p.463-493, 1956.
- LIBERATO, J.R.; BARRETO, R.W.; LOURO, R.P. *Streptopodium caricae* sp. nov, with a discussion on powdery mildew of papaya and an emended description of the genus *Streptopodium* and of *Oidium caricae*. Mycological Research, v.108, p.1185-1194. 2004.
- MARIN, S.L.D.; PEREIRA, M.G.; AMARAL JUNIOR, A.T.; MARTELLETO, L.A.P.; IDE, C.D. Partial diallel to evaluate the combining ability for economically important traits of papaya. Scientia Agricola, v.63, p.540-546, 2006.
- MARIN, S.L.D.; GOMES, J.A.; SALGADO, J.S.; MARTINS, D.S., FULLIN, E.A. Recomendações para a cultura do mamoeiro dos grupos Solo e Formosa no Estado do Espírito Santo. 4.ed. Vitória: EMCAPA, 1995. 57p. (Circular Técnica 3)
- SANTOS, P.H.D.; VIVAS, M.; SILVEIRA, S.F.; SILVA, J.M.; TERRA, C.E.P.S. Elaboração e validação de escala diagramática para avaliação da severidade de oídio em folhas de mamoeiro. Summa Phytopathologica, v.37, p.215-217, 2011.
- TATAGIBA, J.T.; LIBERATO, J.R.; ZAMBOLIM, L.; COSTA, H.; VENTURA, J.A. Controle químico do oídio do mamoeiro. Fitopatologia Brasileira, v.27, p.219-222, 2002.
- VIEGAS, A.P. Alguns fungos do Brasil: II. Ascomicetos. Bragantia, v.4, p.5-392, 1944.
- VIVAS, M.; SILVEIRA, S.F.; TERRA, C.E.P.S.; PEREIRA, M.G. Reação de germoplasma e híbridos de mamoeiro à mancha-de-phoma (*Phoma caricae-papayae*) em condições de campo. Tropical Plant Pathology, v.35, p.323-328, 2010.
- VIVAS, M.; SILVEIRA, S.F.; TERRA, C.E.P.S.; PEREIRA, M.G. Testers for combining ability and selection of papaya hybrids resistant to fungal diseases. Crop Breeding and Applied Biotechnology, v.11, p.36-42, 2011.
- VIVAS, M.; SILVEIRA, S.F.; VIVAS, J.M.S.; PEREIRA, M.G. Patometria, parâmetros genéticos e reação de progênies de mamoeiro à pinta-preta. Bragantia, v.71, p.235-238, 2012.