

DURABILIDADE DA RESISTÊNCIA À FERRUGEM DE CAFEIROS PORTADORES DO GENE SH₃¹

Masako Toma Braghini²; Luiz Carlos Fazuoli³; Oliveiro Guerreiro Filho⁴; Júlio César Mistro⁵; Albertus Bernardus Eskes⁶

¹ Trabalho parcialmente financiado pelo Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café – Consórcio de Pesquisa Café

² Bolsista Consórcio Pesquisa Café, BS, mako@iac.sp.gov.br

³ Pesquisador Colaborador, DSc, IAC, Bolsista Consórcio Pesquisa Café, fazuoli@iac.sp.gov.br

⁴ Pesquisador, DSc, Centro de Café 'Alcides Carvalho', IAC/APTA, Campinas-SP, oliveiro@iac.sp.gov.br

⁵ Pesquisador, DSc, Centro de Café 'Alcides Carvalho', IAC/APTA, Campinas-SP, mistroj@iac.sp.gov.br

⁶ Pesquisador aposentado, DSc, CIRAD, Montpellier-France, b.eskes@cgiar.org

RESUMO: Antes da constatação da ferrugem alaranjada do cafeeiro (*Hemileia vastatrix* Berk. et Br.) no Brasil, o Instituto Agrônomo de Campinas (IAC/APTA) introduziu, em 1953 e 1965, cafeeiros portadores de fatores genéticos de resistência vertical SH₁, SH₂, SH₃ e SH₄ oriundos da Índia e da África. Com o surgimento da raça II (v₅) em 1970, as cultivares plantadas na ocasião, Bourbon, Mundo Novo e Catuaí portadoras do alelo SH₅, mostraram-se suscetíveis à doença. A partir daquele ano, realizaram-se muitos cruzamentos entre os materiais indianos, africanos e brasileiros com o intuito de desenvolver cultivares resistentes à ferrugem. Os híbridos obtidos de porte alto e os de porte baixo foram plantados no município de Campinas, em 1972. Após alguns anos, surgiram novas raças fisiológicas com genes de virulência capazes de anular a resistência que os alelos SH₁, SH₂ e SH₄ proporcionavam aos cafeeiros com estes genes. A partir de 1992, iniciaram-se as avaliações em relação à resistência destes materiais genéticos. O presente trabalho objetivou conhecer a evolução da doença e também caracterizar a constituição genética dos cafeeiros híbridos F₁ desses experimentos. Constatou-se que, após 45 anos do surgimento da doença no Brasil, o alelo SH₃ é o único gene ainda não superado pelo fungo nesses materiais. Dentre as introduções, as seleções BA 21 (IAC1107) e BA 10 (IAC 1110) da Índia, ainda continuam resistentes às raças de ferrugem presentes no Brasil. As progênies IAC 1110-8-5, IAC 1110-10 e IAC 1110-10-1 comportaram-se como homozigotas (SH₃SH₃) e as progênies IAC 1107-4, IAC 1107-4-1 e IAC 1107-5-6 como heterozigotas (SH₃sh₃) para essa característica. Atualmente, já foram desenvolvidas no país, cultivares e linhagens altamente produtivas portadoras do alelo SH₃ e imunes às raças de ferrugem presentes nas plantações de café e apresentando baixa porcentagem de grãos do tipo concha. No IAC, está na fase final, a obtenção de duas cultivares de café (Catuaí SH₃SH₃ e Mundo Novo SH₃SH₃), portadoras do gene SH₃ em homozigose.

PALAVRAS-CHAVE: café, *Hemileia vastatrix*, resistência durável.

DURABLE RESISTANCE TO COFFEE LEAF RUST PROVIDED BY THE SH₃ GENE

ABSTRACT: Before the arrival of coffee leaf rust (*Hemileia vastatrix* Berk. et Br.) in Brazil, the Instituto Agrônomo de Campinas (IAC/APTA) introduced in 1953 and 1965 from India and Africa several accessions carrying resistance genes SH₁, SH₂, SH₃ and SH₄. With the arrival of rust race II (v₅) in 1970, all the commercial cultivars planted at that time in Brazil such as Bourbon, Mundo Novo and Catuaí showed to be susceptible to the disease. From that year, many crosses were made between Indian, African varieties with Brazilian cultivars in order to develop rust resistant cultivars in successive selfed progenies. Hybrids of tall and short stature were planted in Campinas in 1972. Few years later, new races matching the SH₁, SH₂ and SH₄ genes appeared in the selection fields. After 45 years of disease epidemics in Brazil, the SH₃ gene is the only resistance factor not yet overcome by *H. vastatrix*. Among the introductions from India, two accessions BA 21 (IAC1107) and BA 10 (IAC 1110) containing SH₃, are still resistant to the races of rust in Brazil. However, the SH₃ gene appeared to be strongly associated with an important bean defect (elephant beans). From 1992 onward, large scale assessment of resistance was initiated in two trials containing progenies segregating for SH₃. The current study focused on the determination of the homozygous/heterozygous condition of the SH₃ gene in F₁ progenies and on selection of successive generations for presence of the SH₃ gene and low elephant bean grains percentage. It was shown that IAC progenies 1110-8-5, 1110-10 and 1110-10-1 behaved as homozygous (SH₃SH₃) and 1107-4, 1107-4-1 and 1107-5-6 progenies as heterozygous (SH₃sh₃). Advanced productive progenies (F₆), derived from crosses between IAC 1110-8-5, 1110-10 and 1110-10-1 and Mundo Novo and Catuaí, have been obtained that carry the SH₃ gene in homozygous condition and present low elephant bean grains percentage.

KEYWORDS: coffee, *Hemileia vastatrix*, durable resistance.

INTRODUÇÃO

A ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix* Berk. et Br.) é a doença mais importante do cafeeiro, causando prejuízos na ordem de 30 a 50% na produtividade quando o controle químico não for realizado (Zambolim et al., 1997). A melhor alternativa para o controle da ferrugem é o uso de cultivares resistentes por ser um método econômico e não prejudicial ao meio ambiente. Com a evolução da ferrugem, atualmente, mais de 45 raças fisiológicas foram identificadas pelo CIFC e vêm anulando a resistência dos diversos materiais genéticos (Várzea et al, 2002). Até o momento, o gene SH₃, provavelmente resultante da introgressão natural entre as espécies *Coffea liberica* e *C. arabica* ocorrida na Índia é o único fator conhecido que condiciona, isoladamente, resistência (imunidade) em cafeeiros. Porém, os cafeeiros SH₃ apresentam grande quantidade de grãos do tipo concha (importante defeito) que parece estar fortemente ligado a esse fator genético que deprecia o produto (Bettencourt e Carvalho, 1968). O objetivo deste trabalho foi apresentar o comportamento da resistência genética dos híbridos portadores do alelo SH₃, após 45 anos da entrada da ferrugem no Brasil e também mostrar as seleções de Catuaí e Mundo Novo descendentes do acesso da Índia BA 10 com alelo SH₃ em homozigose e com grãos normais obtidas de sucessivas autofecundações.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram estabelecidos, em 1972, dois experimentos (porte baixo e porte alto) de híbridos obtidos de cruzamentos realizados, em 1970, entre acessos da Índia, da África e as cultivares Catuaí, Mundo Novo e Acaiaí com o objetivo de transferir resistência genética presentes nesses cafeeiros (Fazuoli et al., 2005; Bettencourt e Carvalho, 1968). O delineamento experimental nos dois ensaios foi em blocos casualizados, sendo de porte baixo com 14 tratamentos e um controle suscetível cultivar Catuaí Vermelho IAC 81, com nove repetições e parcela de uma planta e outro de porte alto com 24 tratamentos e um controle suscetível cv. Acaiaí IAC 474-7, com seis repetições e uma planta por parcela. As avaliações de ferrugem nos dois experimentos foram realizadas antes da colheita e tiveram início em 1992, utilizando-se escala de tipos de reação à ferrugem (TR) de 5 pontos (Fazuoli, 1991). Em 2012, foi realizada a última avaliação da ferrugem antes da recepção dos cafeeiros nos experimentos. Em 2015, verificou-se que a resistência à ferrugem estava inalterada. Também, são apresentados o rendimento (relação entre massa de grãos beneficiados e frutos em coco) e as avaliações tecnológicas de sementes como grãos dos tipos chato, moca e concha em porcentagem, massa de 100 sementes em gramas e peneira média das progêneses F₆ de Catuaí e Mundo Novo possuindo o gene SH₃ em homozigose (Fazuoli, 1991).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas tabelas 1 e 2, estão relacionados alguns tratamentos e híbridos correspondentes, seus respectivos genitores, suas origens e também média de tipos de reação à ferrugem (TR) observados em dois experimentos avaliados em 2012.

Tabela 1- Relação de genitores, suas origens e resistência à ferrugem (TR) de 10 híbridos de porte baixo e controle cv. Catuaí Vermelho IAC 81 avaliados em 2012, no experimento instalado em Campinas/SP, em 1972.

Trat.	Híbridos	Genitores	Procedência	TR*
1	H 8088 (H2077-2-5-24 x 1120-16)	Catuaí V.x X 321	Brasil x África	3,8
2	H 8089 ((H2077-2-5-24 x 1137-5)	Catuaí V. x Geisha	Brasil x África	3,2
3	H 8105 (H2077-2-5-81 x 1110-10)	Catuaí V. x BA 10	Brasil x Índia	0,2
4	H 8107 (H2077-2-4 x 1125-3)	Catuaí V.x Cioiccie	Brasil x África	3,0
5	H 8113 (H2077-2-5-81 x 1517-1)	Catuaí V. x Kaffa	Brasil x África	3,1
6	H 8114 (H2077-2-5-81 x 1521-2)	Catuaí V. x Wush-Wush	Brasil x África	3,2
7	H 8129 (1107-4-1 x H2077-2-5-24)	BA 21 x Catuaí V.	Índia x Brasil	2,1
8	H 8130 (1107-4 x H2077-2-5-81)	BA 21 x Catuaí V.	Índia x Brasil	2,1
9	H 8142 (1107-5-6 x 1518-2)	BA 21 x S 333	Índia x Índia	1,9
13	H 8188 (1110-8-5 x H2077-2-5-81)	BA 10 x Catuaí V.	Índia x Brasil	0,3
15	H2077-2-5-81 (controle)	Catuaí V. IAC 81	Brasil	3,6

*Média dos tratamentos na escala de 0 a 4 pontos, sendo 0 e 1= resistentes; 2= moderadamente resistente; 3= moderadamente suscetível e 4= suscetível

Tabela 2- Relação de genitores, suas origens e resistência à ferrugem (TR) de 10 híbridos de porte alto e controle cv. Acaiaí avaliados em 2012, no experimento instalado em Campinas/SP, em 1972.

Trat.	Híbridos	Genitores	Procedência	TR*
1	H 8126 (1107-4-1 x CP 474-4)	BA 21 x Acaiaí	Índia x Brasil	1,5
3	H 8162 [1109-7-6 x (1109-7 x CP387-17)]	BA 8 x (BA 8 x M Novo)	Índia x Brasil	3,3
4	H 8359 (1475-5 x CP 474-4)	Cioiccie x Acaiaí	África x Brasil	3,0
5	H 8141 (1107-5-6 x 1120-35)	BA 21 x X 321	Brasil x África	2,2
6	H 8355 (1475-5 x 1110-10)	Cioiccie x BA 10	África x Brasil	0,0
7	H 8187 (1110-8-5 x CP 474-7)	BA 10 x Acaiaí	Índia x Brasil	0,2
13	H 8414 (CP 467-1 x 1133-2)	M. Novo x Harar	Brasil x África	3,2
14	IAC 474-7 (controle)	Acaiaí	Brasil	3,4
16	H 8420 (IAC 471-5 x 1110-1-1)	M. Novo x BA 10	Brasil x Índia	0,0
17	H 8421 (IAC 471-5 x 1110-10)	M. Novo x BA 10	Brasil x Índia	0,2
24	H 8518 (IAC 386-2 x 1110-1-1)	M. Novo x BA 10	Brasil x Índia	0,3

*Média dos tratamentos na escala de 0 a 4 pontos sendo 0 e 1= resistentes; 2= moderadamente resistente; 3= moderadamente suscetível e 4= suscetível

Os tratamentos 3, 7, 8, 9, 10 e 13 de porte baixo e tratamentos 1, 5, 6, 7, 16, 17 e 24 de porte alto derivados de acessos da Índia, BA 10 (IAC 1110) e BA 21 (IAC 1107) mostraram-se resistentes, apresentando média dos TR variando de 0 a 2,2 pontos indicando a presença do gene SH₃. Enquanto que os híbridos de origem africanas, tendo como genitores, X321, Geisha, Cioiccie, Kaffa, Wush-Wush e Harar portadores de alelos SH₁, SH₂ e SH₄ (associados ou não) apresentaram TR acima de 3 pontos (suscetibilidade), em conformidade com os estudos anteriores realizados pelo CIFC (Bettencourt e Carvalho, 1968). Estudou-se também, quanto à frequência dos tipos de reação observada em cafeeiros dos tratamentos resistentes para identificar a constituição genética dos genitores resistentes e os dados obtidos acham-se na Tabela 3.

Tabela 3- Segregação para tipos de reação à ferrugem (TR) observada em progênies de 12 híbridos F1 derivados dos acessos BA 10 e BA 21 portadores do gene SH₃ e controles suscetíveis cultivares Catuaí Vermelho IAC 81 e Acaiaí IAC 474-7, avaliados em dois experimentos, em Campinas, SP.

Trat.	Híbridos	Genitores	Número de plantas					
			Total	TR*				
				0	1	2	3	4
Porte Baixo				R			S	
3	H 8105 (Catuaí V. IAC 81 x 1110-10)	Catuaí V. x BA 10	5	4	1	0	0	0
7	H 8129 (1107-4-1 x Catuaí V. IAC 24)	BA 21 x Catuaí V.	7	3	0	0	1	3
8	H 8130 (1107-4 X Catuaí V. IAC 81)	BA 21 x Catuaí V.	7	2	1	0	2	2
9	H 8142(1107-5-6 x 1518-2)	BA 21 x S 333	9	3	1	0	4	1
10	H 8142 (1107-5-6 x 1518-2)	BA 21 x S 333	7	4	0	0	2	1
13	H 8188 [1110-8-5 x Catuaí V. IAC 81]	BA 10 x Catuaí V.	9	6	3	0	0	0
15	H 2077-2-5-81	Catuaí V. IAC 81	9	0	0	0	4	5
Porte Alto				0	1	2	3	4
1	H 8126 (1107-4-1 x IAC 474-4)	BA 21 x Acaiaí	6	3	0	0	3	0
5	H 8141 (1107-5-6 x 1120-35)	BA 21 x X 321	5	2	0	0	1	2
6	H 8355 (1475-5 x 1110-10)	Cioiccie x BA 10	4	4	0	0	0	0
7	H 8187 (1110-8-5 x IAC 474-7)	BA 10 x Acaiaí	6	5	1	0	0	0
14	IAC 474-7	Acaiaí	6	0	0	0	6	0
16	H 8420 (IAC 471-5 x 1110-1-1)	M. Novo x BA 10	6	6	0	0	0	0
17	H 8421 (IAC 471-5 x 1110-10)	M. Novo x BA 10	6	5	1	0	0	0
24	H 8518 (IAC 386-2 x 1110-1-1)	M. Novo x BA 10	4	3	1	0	0	0

* Foram considerados os tipos de reação (TR): 0 e 1= R = Resistentes; 3 e 4 = S = Suscetíveis

Os cafeeiros de porte baixo dos tratamentos 3 (H8105) e 13 (H8188) e de porte alto dos tratamentos 6 (H8355), 7 (H8187), 16 (H8420), 17 (H8421) e 24 (H8518) mostraram-se todos resistentes (TR= 0 e 1) indicando que os genitores IAC 1110-10, 1110-1-1 e 1110-8-5 comportaram-se como homozigotos (SH₃SH₃). Os tratamentos, 7 (H8129), 8 (H8130), 9 e 10 (H8142) de porte baixo e 1 (H8126) e 5 (H8141) de porte alto segregaram na proporção de 1:1, mostrando que provavelmente as progênies IAC 1107-4, 1107-4-1 e 1107-5-6 são heterozigotas (SH₃sh₃).

As características das sementes de oito cafeeiros F₆ de Catuaí SH₃ e Mundo Novo SH₃ e das cultivares Catuaí Amarelo IAC 62 e Mundo Novo IAC 376-4 utilizadas como controles são apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4 - Dados de características de sementes de oito progênies F₆ de Catuaí SH₃ e Mundo Novo SH₃ e controles, as cultivares Catuaí Amarelo IAC 62 e Mundo Novo IAC 376-4 obtidos em experimento de Campinas, SP.

Amostras	Progênies	Rendimento*	Características de sementes				
			Chato	Moca	Concha	Massa de 100 grãos	Peneira Média
			-----%-----			(g)	
1	Catuaí SH3-968	47,5	94,0	4,7	1,3	12,0	17,0
2	Catuaí SH3-987	48,4	86,6	10,1	3,3	12,4	17,2
3	Catuaí SH3-989	44,2	79,1	16,7	4,1	12,1	17,1
4	Catuaí SH3-993	42,9	87,6	11,1	1,3	12,5	17,3
5	Catuaí Amarelo IAC 62	48,9	89,9	8,1	2,1	12,0	16,9
6	Mundo Novo SH3-106	51,0	86,0	8,5	5,5	11,3	16,5
7	Mundo Novo SH3-112	50,0	80,0	15,8	4,2	13,4	17,3
8	Mundo Novo SH3-122	51,1	84,6	12,1	3,3	14,4	17,3
9	Mundo Novo SH3-136	46,5	78,3	18,0	3,7	11,2	17,2
10	Mundo Novo IAC376-4	51,8	92,0	3,9	4,0	14,4	16,7

*(massa de grãos beneficiados/massa de café em coco) x 100

Analisando-se os dados da Tabela 4, as progênies F₆ de Catuaí SH₃ e Mundo Novo SH₃, descendentes do acesso BA 10, mostraram-se ter grãos normais, tendo as porcentagens de grãos do tipo concha igual ou pouco abaixo em relação às cultivares comerciais. Esses cafeeiros têm mostrado altamente produtivos com resistência a outras doenças e atualmente existem progênies com mais fatores de resistência, associando-se com as cultivares derivadas de Híbridos de Timor, Icatu e outras a fim de obter cultivares com resistência mais complexa e mais durável à ferrugem.

CONCLUSÃO

Esse estudo permitiu mostrar que as cultivares Catuaí e Mundo Novo quando portadoras do gene SH₃, em condição de homozigose, podem apresentar resistência duradoura à ferrugem e ter ótimas qualidades tecnológicas de sementes.

AGRADECIMENTOS

Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo - SAA/SP
Instituto Nacional de Ciências e Tecnologias do Café – INCT - Café

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BETTENCOURT, A. J.; CARVALHO, A. Melhoramento visando à resistência do cafeeiro à ferrugem. *Bragantia*, Campinas, 27: 35-68, 1968.
- FAZUOLI, L. C. Metodologias, critérios e resultados da seleção em progênies do café Icatu com resistência a *Hemileia vastatrix*. Campinas, 322p. (Tese de Doutorado-Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP). 1991.
- FAZUOLI, L. C.; OLIVEIRA, A. C. B.; BRAGHINI, M. T.; SILVAROLLA, M. B. Identification and use of sources of durable resistance to coffee leaf rust at the IAC. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). *Durable Resistance to Coffee Leaf Rust*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, p. 137-185, 2005.
- VÁRZEA, V. M. P.; RODRÍGUES-JÚNIOR, C. J.; SILVA, M. C. M. L.; GOUVEIA, M.; MARQUES, D. V.; GUERRA-GUIMARÃES, L.; RIBEIRO, A. Resistência do cafeeiro a *Hemileia vastatrix*. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). *O Estado da arte de tecnologias na produção de café*. Viçosa: UFV. cap. 8. p. 297 - 320, 2002.
- ZAMBOLIM, L.; VALE, F. X. R.; PEREIRA, A. A.; CHAVES, G. M. Café (*Coffea arabica* L.). Controle de doenças causadas por fungos, bactérias e vírus. In: VALE, F. X. R.; ZAMBOLIM, L. (Eds). *Controle de doenças de plantas*. Viçosa: UFV/Brasília - DF: Ministério da agricultura e do abastecimento. v. 1. cap. 3. p. 83-180, 1997.