



Bragantia

ISSN: 0006-8705

editor@iac.sp.gov.br

Instituto Agronômico de Campinas

Brasil

HIROSHI SERA, GUSTAVO; SERA, TUMORU; SHIGUER ITO, DHALTON; BATISTA FONSECA,
INÊS CRISTINA DE; SEIDI KANAYAMA, FABIO; GROSSI, LEANDRO DEL; HARUMI SHIGUEOKA,
LUCIANA

SELEÇÃO PARA A RESISTÊNCIA À FERRUGEM EM PROGÊNIES DAS CULTIVARES DE CAFÉ

IPR 99 E IPR 107

Bragantia, vol. 69, núm. 3, 2010, pp. 547-553

Instituto Agronômico de Campinas

Campinas, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=90816059005>

- ▶ Como citar este artigo
- ▶ Número completo
- ▶ Mais artigos
- ▶ Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

Nota

SELEÇÃO PARA A RESISTÊNCIA À FERRUGEM EM PROGÊNIES DAS CULTIVARES DE CAFÉ IPR 99 E IPR 107 ⁽¹⁾

GUSTAVO HIROSHI SERA ⁽²⁾; TUMORU SERA ⁽²⁾; DHALTON SHIGUER ITO ^(3,7);
INÊS CRISTINA DE BATISTA FONSECA ⁽⁴⁾; FABIO SEIDI KANAYAMA ⁽⁵⁾;
LEANDRO DEL GROSSI ⁽⁶⁾; LUCIANA HARUMI SHIGUEOKA ⁽⁶⁾

RESUMO

As cultivares de café IPR 99 (“Sarchimor”) e IPR 107 (‘IAPAR 59’ × ‘Mundo Novo IAC 376-4’) eram no passado resistentes à ferrugem (*Hemileia vastatrix*). Os objetivos deste estudo foram: a) Identificar progêniess dessas duas cultivares com resistência à ferrugem; b) Identificar progêniess com resistência incompleta; c) Verificar a eficiência dos cruzamentos testes na seleção dessas cultivares. A avaliação da resistência em campo foi realizada em cafeeiros adultos expostos à população local de raças presentes no IAPAR. Foram avaliados 23 cruzamentos testes com progêniess F_3 de ‘IPR 107’ e 5 com progêniess F_4 de ‘IPR 99’. Além disso, foram avaliadas 11 progêniess F_4 de ‘IPR 107’ e 5 progêniess F_5 de ‘IPR 99’, provenientes de autofecundação. Várias progêniess das cultivares IPR 99 e 107 apresentaram alta freqüência de plantas com resistência completa e são portadoras de mais genes de resistência não quebrados pelas raças de ferrugem. Progêniess das cultivares IPR 99 e IPR 107 com a resistência quebrada apresentaram resistência incompleta à população local de raças. Cruzamentos testes foram eficientes na seleção de progêniess de café com mais genes de resistência não quebrados.

Palavras-chave: *Coffea*, cruzamento teste, genes S_H , *Hemileia vastatrix*, resistência durável.

ABSTRACT

SELECTION FOR RESISTANCE TO RUST IN PROGENIES OF COFFEE CULTIVARS IPR 99 AND IPR 107

All plants of the coffee cultivars IPR 99 (“Sarchimor”) and IPR 107 (‘IAPAR 59’ × ‘Mundo Novo IAC 376-4’) were resistant to rust (*Hemileia vastatrix*) in the past. Currently, susceptible plants were observed in the two cultivars due to the breakdown of resistance by new rust races. The aims of this study were: a) to identify coffee (*Coffea arabica* L.) progenies of the two cultivars with resistance to rust; b) to identify progenies with incomplete resistance; c) to investigate the efficiency of test-crosses for selection from these cultivars. Evaluation for field resistance was carried out in adult plants subjected to natural infection by the local leaf rust population at IAPAR. Twenty-three test-crosses with F_3 progenies of ‘IPR 107’ and five with F_4 progenies of ‘IPR 99’ were evaluated. Moreover, 11 F_4 progenies of ‘IPR 107’ and five F_5 progenies of ‘IPR 99’ derived from self pollinations were evaluated. Several progenies of the IPR 99 and 107 cultivars presented high frequency of resistant plants and thus should carry additional S_H genes not defeated by specific rust races found at IAPAR. However, susceptible progenies of ‘IPR 99’ and ‘IPR 107’ presented incomplete resistance to the local race population. Test-crosses were efficient for selecting coffee progenies more resistant to rust.

Key words: *Coffea*, durable resistance, *Hemileia vastatrix*, S_H genes, test-cross.

⁽¹⁾ Recebido para publicação 1.º de julho de 2008 e aceito em 21 de janeiro de 2010.

⁽²⁾ Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR), Caixa Postal 481, 86001-970, Londrina (PR). E-mail: gustavosera@iapar.br

⁽³⁾ Doutorando em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina (UEL). E-mail: itods@uol.com.br

⁽⁴⁾ Departamento de Agronomia, Universidade Estadual de Londrina. E-mail: inescbf@uel.br

⁽⁵⁾ Mestre em Agronomia da UEL.

⁽⁶⁾ Bolsista da SETI.

⁽⁷⁾ Bolsista do CNPq.

A ferrugem alaranjada, causada pelo fungo *Hemileia vastatrix* Berk. et Br., ainda é uma das principais doenças do café, pois causa grandes perdas na produção e qualidade.

A resistência à ferrugem dos cafeeiros vem sendo quebrada pelo surgimento de novas raças, o que dificulta a obtenção de cultivares com resistência completa e durável. Vários genes de resistência em um mesmo genótipo dificultam esta quebra de resistência.

Os fatores de resistência dos cafeeiros conhecidos são S_H 1 a S_H 9 (RODRIGUES-JUNIOR et al., 1975; BETTENCOURT, 1981), contrastando com os respectivos fatores de virulência v1 a v9, os quais estão presentes, sozinhos ou em combinações, em 45 raças identificadas no mundo (VÁRZEA e MARQUES, 2005). Os genes S_H 6, S_H 7, S_H 8 e S_H 9 são do *C. canephora*, um dos parentais do Híbrido de Timor (HDT) e de outros híbridos interespecíficos como o "Icatu". Várias plantas do HDT possuem pelo menos os genes S_H 5 a S_H 9 (BETTENCOURT et al., 1992). Tem sido confirmada a existência de outros genes maiores em derivados do HDT (RODRIGUES-JUNIOR et al., 2000).

A 'IAPAR 59' foi originada da hibridação entre "Villa Sarchi CIFC 971/10" e "HDT CIFC 832/2" e possui pelo menos cinco genes de resistência à ferrugem (genes S_H). A 'IPR 107' foi originada do cruzamento entre 'IAPAR 59' (resistente) e 'Mundo Novo IAC 376-4' (susceptível) e a 'IPR 99' é derivada do mesmo cruzamento que originou a 'IAPAR 59'. Nas várias gerações de autofecundação para a obtenção das cultivares IPR 99 e IPR 107 ocorreram segregações para os genes de resistência e, atualmente, muitas progêniess possuem alta freqüência de plantas suscetíveis. É provável que em algumas progêniess das cultivares IPR 99 e IPR 107 existam os mesmos fatores de resistência da 'IAPAR 59' ou do "HDT CIFC 832/2", os quais vêm se mantendo resistentes por muitos anos.

O desenvolvimento de cultivares com vários genes S_H e com outros genes maiores ou menores é de extrema importância para obter uma resistência durável. A porcentagem de plantas com esporulação da ferrugem (PEF) tem sido um parâmetro utilizado no programa de melhoramento genético de café do IAPAR para identificar cafeeiros com mais genes S_H não quebrados pela ferrugem (SERÁ et al., 2005, 2007). No IAPAR, a freqüência de PEF tem sido analisada em progêniess derivadas da autofecundação e de cruzamentos testes (genótipo a ser testado x genótipo suscetível).

Os objetivos deste estudo foram: a) Identificar progêniess das cultivares IPR 99 e IPR 107 com mais genes de resistência não quebrados pela ferrugem; b) Identificar progêniess com resistência incompleta; c) Verificar se cruzamentos testes são eficientes na

identificação de cafeeiros portadores de mais genes de resistência à ferrugem.

Quatro ensaios de campo, denominados E1, E2, E3 e E4, respectivamente, foram instalados em março de 2001, março de 1999, março de 2003 e setembro de 2003, no espaçamento 2,5 m x 0,5 m em Londrina (23° 22' S, 51° 10' W). Neste local, a altitude é 585 m, a precipitação pluvial média anual é 1610 mm, a temperatura média anual é de 20,8 °C e a umidade relativa do ar, de 71%. Nos anos de avaliação da resistência dos cafeeiros não foi realizado o controle químico para ferrugem.

A avaliação da resistência, em condições de campo, foi realizada para a população local de raças de ferrugem presentes na estação experimental do IAPAR. No ensaio E1 foi realizada uma avaliação em julho de 2004 (40 meses após o plantio) e outra em julho de 2007 (76 meses após o plantio). No ensaio E2, a avaliação foi em julho de 2004 (64 meses após o plantio). A avaliação no ensaio E3 foi realizada em julho de 2005 (28 meses após o plantio) e outra em agosto de 2007 (54 meses após o plantio). A avaliação no ensaio E4 foi em julho de 2007 (47 meses após o plantio).

No ensaio E1, duas progêniess F_4 da 'IPR 99' (C1P2 e C3P2) foram avaliadas por meio de cruzamentos testes, os quais consistem em cruzar um genótipo a ser testado com um genótipo suscetível. Os cruzamentos testes realizados foram: dois da hibridação ("*Coffea arabica* da Etiópia portador do gene S_H 1" x "Catuai") x progênie F_4 da 'IPR 99-C1P2' e três da hibridação ("*C. arabica* da Etiópia portador do gene S_H 1" x "Catuai") x progênie F_4 da 'IPR 99-C3P2'. O parental suscetível usado nesses cruzamentos testes foi o "*C. arabica* da Etiópia portador do gene S_H 1" x "Catuai". Os híbridos usados como padrões suscetíveis foram derivados do cruzamento entre dois parentais suscetíveis, sendo um derivado do cruzamento de ("*C. arabica* da Etiópia portador do gene S_H 1" x "Catuai") com 'Icatu IAC 3282' e o outro de 'Catuai Vermelho IAC 81' com "Catuai Semperflorens".

No E2 foram avaliadas cinco progêniess F_5 da 'IPR 99' (C1P2, C1P3, C3P1, C3P2 e C6P2). As cultivares IAPAR 59 ("Sarchimor") e Catuai Vermelho IAC 81 foram usadas como padrões de resistência completa e suscetibilidade respectivamente.

No E3 foram avaliados 23 cruzamentos testes (suscetível x progêniess F_3 de 'IPR 107'), sendo nove com a 'Catuai Vermelho IAC-81' e 14 com a 'Mundo Novo IAC 376-4', ambas suscetíveis à ferrugem. 'IAPAR 59' foi usada como padrão resistente e 'Bourbon Vermelho', 'Catuai Vermelho IAC 81' e 'Icatu IAC 3282' como padrões suscetíveis.

No E4 foram avaliadas 11 progêniess F_4 da cultivar IPR 107. Desses progêniess, nove foram provenientes das

progênies F_3 13-6, 14-1, 14-3, 14-5, 17-2, 17-5, 20-1, 25-2 e 25-10, utilizadas em cruzamentos testes do ensaio E3. 'IAPAR 59' foi o padrão resistente e 'Catuaí Vermelho IAC 81' o padrão suscetível.

A avaliação da intensidade de ferrugem (IF) foi feita com base em uma escala de notas de 1 a 5, sendo: nota 1 = plantas sem lesões cloróticas nas folhas; nota 2 = número de lesões por folha, em média, entre 1 e 4, sem esporulação; nota 3 = entre 1 e 10 lesões com esporos por folha e frequência de folhas com esporulação entre 1% e 10%; nota 4 = entre 11 e 20 lesões com esporos por folha e frequência de folhas com esporulação entre 11% e 35%; nota 5 = mais de 20 lesões com esporos por folha e mais de 35% das folhas com esporulação. As notas foram atribuídas para plantas individuais. A avaliação foi desde o terço inferior até o terço superior do cafeiro.

Plantas com notas 1 e 2 de IF foram consideradas com resistência completa. Plantas com esporulação da ferrugem (PEF) foram aquelas com notas 3, 4 e 5.

A porcentagem de PEF e as notas médias de IF foram usadas como parâmetros para: a) Identificar progênies das cultivares IPR 99 e IPR 107 com mais genes de resistência não quebrados pela ferrugem; b) Identificar progênies com resistência incompleta; c) Verificar a eficiência dos cruzamentos testes. Cafeeiros com notas 1 ou 2 em ano de avaliação, porém que tiveram notas 3, 4 ou 5 em outro ano, não foram considerados com resistência completa. Esses cafeeiros com notas 3, 4 ou 5, em pelo menos uma das avaliações, foram consideradas PEF. Foram considerados cafeeiros com resistência parcial aqueles com 90% a 100% de PEF e com notas médias de IF entre 2,00 e 4,00. O número de plantas avaliadas de cada tratamento está apresentado nas tabelas 1, 2, 3 e 4.

Ocorreu a esporulação da ferrugem em vários cafeeiros dos cruzamentos testes com a progénie F_4 de 'IPR 99-C1P2'. As frequências de PEF nos dois cruzamentos testes com a 'IPR 99-C1P2' foram 100,00% e 88,24%. Por outro lado, as frequências de PEF dos

Tabela 1. Notas médias da intensidade de ferrugem avaliada em julho de 2004 e em julho de 2007 (IF04, IF07), porcentagem de plantas com esporulação da ferrugem em 2004 e em 2007 (% PEF 04/07) e número de plantas avaliadas (n.º) de cruzamentos testes com progênies F_4 da 'IPR 99' avaliadas para a população local de raças, em condições de campo (Ensaio E1)

Cruzamentos testes (¹)	IF04 (²)	IF07 (²)	% PEF 04/07 (³)	n.º
('Et. S_{H1} ' x 'Catuaí') x F_4 de IPR 99-C3P2	1,00	1,00	0,0	2
('Et. S_{H1} ' x 'Catuaí') x F_4 de IPR 99-C3P2	1,75	1,19	18,75	16
('Et. S_{H1} ' x 'Catuaí') x F_4 de IPR 99-C3P2	1,88	1,82	29,41	17
('Et. S_{H1} ' x 'Catuaí') x F_4 de IPR 99-C1P2	2,76	3,29	88,24	17
('Et. S_{H1} ' x 'Catuaí') x F_4 de IPR 99-C1P2	3,75	4,94	100,0	16
* 'Catuaí' x 'Catuaí Semperflorens'	4,50	5,00	100,0	12
* ('Et. S_{H1} ' x 'Catuaí') x 'Icatu IAC 3282'	4,82	4,88	97,06	17

(¹) Et. S_{H1} = (*C. arabica* da Etiópia portador do gene S_{H1} x 'Catuaí'); 'Catuaí' = 'Catuaí Vermelho IAC 81'. * Padrões suscetíveis.

(²) Escala de notas de 1 a 5 de IF, sendo nota 5 plantas com mais IF. (³) Notas 1 e 2 = plantas com resistência completa; notas 3, 4 e 5 = PEF.

Tabela 2. Notas médias da intensidade de ferrugem (IF), porcentagem de plantas com esporulação da ferrugem (% PEF) e número de plantas avaliadas (n.º) de progênies F_5 da 'IPR 99' avaliadas para a resistência à população local de raças em condições de campo, em julho de 2004 (Ensaio E2)

Progênies F_5	IF (¹)	% PEF (²)	n.º
IPR 99 – C1P2	2,79	57,14	28
IPR 99 – C1P3	1,82	7,14	28
IPR 99 – C3P1	1,63	8,33	24
IPR 99 – C3P2	2,04	11,11	27
IPR 99 – C6P2	1,48	0,00	27
'Catuaí Vermelho IAC 81' (padrão suscetível)	4,91	100,00	22
'IAPAR 59' (padrão resistente)	1,65	0,00	20

(¹) Escala de notas de 1 a 5 de IF, sendo nota 5 plantas com mais IF. (²) Notas 1 e 2 = plantas com resistência completa; notas 3, 4 e 5 = PEF.

Tabela 3. Intensidade média da ferrugem avaliada em julho de 2005 (IF 05) e agosto de 2007 (IF 07), porcentagem de plantas com esporulação da ferrugem nos anos de 2005 e 2007 (% PEF 05 / 07) e número de plantas avaliadas (n.º) para a resistência à população local de raças em cruzamentos testes realizados com progênies F_3 da cultivar IPR 107 (Ensaio E3)

Cruzamentos testes ⁽¹⁾	IF 05	IF 07	% PEF 05/07 ⁽²⁾	n.º
'IAPAR 59'	1,000	1,160	4,00	25
Catuaí V. x progênie 29-8	1,000	1,000	0,00	5
Catuaí V. x progênie 14-3 *	1,200	1,300	10,00	10
M. Novo x progênie 17-1	1,380	1,680	28,00	50
M. Novo x progênie 17-2 *	1,592	1,388	28,57	49
Catuaí V. x progênie 28-8	1,800	1,600	40,00	5
M. Novo x progênie 14-10	2,467	2,400	53,34	15
M. Novo x progênie 13-9	2,533	2,000	60,00	30
Catuaí V. x progênie 14-5 *	2,500	2,700	60,00	10
M. Novo x progênie 17-5 *	2,440	1,980	64,00	50
M. Novo x progênie 13-6 *	2,786	1,357	64,29	14
M. Novo x progênie 18-7	2,840	2,600	68,00	25
M. Novo x progênie 15-9	2,833	2,533	80,00	30
M. Novo x progênie 25-2 *	2,582	3,255	90,91	55
Catuaí V. x progênie 14-1 *	2,067	2,867	93,33	15
M. Novo x progênie 21-1	2,980	2,500	94,00	50
Catuaí V. x progênie 28-10	2,867	2,667	100,00	15
M. Novo x progênie 24-5	2,950	3,050	100,00	20
Catuaí V. x progênie 23-6	3,000	3,200	100,00	5
M. Novo x progênie 20-1 *	3,120	3,320	100,00	25
M. Novo x progênie 26-6	3,441	3,678	100,00	59
M. Novo x progênie 23-5	3,200	4,080	100,00	25
Catuaí V. x progênie 27-5	4,000	4,600	100,00	5
Catuaí V. x progênie 25-10 *	4,400	4,500	100,00	10
'Icatu IAC 3282'	5,000	4,440	100,00	25
Catuaí V.	4,933	4,640	100,00	25
'Bourbon Vermelho'	5,000	4,720	100,00	25

* Progênies da cultivar IPR 107 avançadas para a geração F_4 .

(¹) M. Novo = 'Mundo Novo IAC 376-4'; Catuaí V. = 'Catuaí Vermelho IAC-81'.

(²) Notas 1 e 2 = plantas com resistência completa; notas 3, 4 e 5 = PEF.

três cruzamentos testes com a 'IPR 99-C3P2' foram 0 %, 18,75% e 29,41%. Esses valores indicam que na progênie C3P2 da 'IPR 99' houve mais genes de resistência não quebrados pela população local de raças (Tabela 1).

Na progênie F_5 IPR 99-C1P2 foram observadas 57,14 % de PEF, enquanto na progênie F_5 IPR 99-C3P2, apenas 11,11% de PEF (Tabela 2). Portanto, confirma-se que na progênie IPR 99-C3P2 houve mais genes de resistência não quebrados pela ferrugem ou mais

desses genes estão em condição homozigótica quando comparado com a progênie C1P2.

Não foram realizados cruzamentos testes para as progênies C1P3, C3P1 e C6P2. Entretanto, essas progênies também tiveram mais genes não quebrados, pois a porcentagem de PEF foi mais baixa nessas progênies F_5 , em comparação com a progênie C1P2 e o padrão suscetível 'Catuaí Vermelho IAC 81'. Na progênie C6P2, não se observou nenhuma PEF, do mesmo modo que

Tabela 4. Nota média da intensidade de ferrugem (IF), porcentagem de plantas com esporulação da ferrugem (% PEF) e número de plantas avaliadas (n.º) para a resistência à população local de raças em progênies F_4 da 'IPR 107' (Ensaios E4)

Progênies F_4 da 'IPR 107'	IF	% PEF (¹)	n.º
17-2 *	1,087	0,00	23
'IAPAR 59' (padrão resistente)	1,200	10,00	10
14-1 *	1,833	27,08	48
14-3 *	1,944	29,63	54
17-5 *	2,680	60,00	25
14-5 *	2,525	62,50	40
25-2 *	2,849	67,92	53
13-6 *	2,844	72,09	43
20-1 *	4,355	93,55	31
25-10 *	4,593	98,31	59
18-10	4,607	100,00	28
18-2	4,786	100,00	14
'Catuaí Vermelho IAC 81' (padrão suscetível)	5,000	100,00	9

* Foram realizados cruzamentos testes para essas progênies. (¹) Notas 1 e 2 = plantas com resistência completa; notas 3, 4 e 5 = PEF.

no padrão resistente 'IAPAR 59'. Pelas notas médias de IF das progênies F_5 C1P3, C3P1, C3P2 e C6P2 é possível verificar que o nível de resistência dessas plantas é similar ao da 'IAPAR 59' (Tabela 2).

A média da porcentagem de PEF dos dois cruzamentos testes com IPR 99-C1P2 foi similar ao dos padrões suscetíveis (Tabela 1). Entretanto, as notas médias de SF desses dois cruzamentos foram mais baixas que as médias de SF dos padrões suscetíveis, indicando ser a progénie C1P2 de resistência incompleta ou parcial. A média da porcentagem de PEF dos dois cruzamentos testes com a C1P2 em 2004 e 2007 foi de 93,94%, enquanto a média de IF foi de 3,67. As médias de IF dos padrões suscetíveis nos dois anos de avaliação foram 4,75 e 4,85 respectivamente, para ("C. arabica da Etiópia S_H1" x "Catuaí") x 'Icatu IAC 3282' e 'Catuaí Vermelho IAC 81' x "Catuaí Semperflorens". Assim, se a resistência de outras progênies da 'IPR 99' for quebrada, provavelmente, terão ainda resistência incompleta para evitar que repentinamente se torne uma cultivar completamente suscetível.

A resistência incompleta observada na progénie C1P2 pode ser devido à resistência residual de alguns genes do HDT C1FC 832-2 quebrados pela ferrugem. Em cafeeiros com os genes S_H1, S_H3 e S_H4 (ESKES, 1989) e em derivados do "HDT" como a cultivar Colômbia (ALVARADO, 2005) também foi observada resistência residual após a quebra. A resistência incompleta também pode ter ocorrido devido à ação de genes menores, do

mesmo modo que ocorreu em plantas do "Icatu" e "HDT" em trabalho realizado por ESKES et al. (1990). A resistência parcial em 'IPR 99' também poderia ser explicada pelo início tardio da infecção pela ferrugem, pois é possível que a população predominante seja da raça II (v5), sendo esta a que ocorre com mais frequência no Brasil, conforme ZAMBOLIM et al. (2005).

Como já era esperado, em vários cruzamentos testes com as progênies da 'IPR 107' foi observada alta porcentagem de PEF, pois a cultivar Mundo Novo IAC 376-4' (suscetível) é um dos parentais desta cultivar. Os cruzamentos testes com as progênies F_3 29-8, 14-3, 17-1 e 17-2 foram os que tiveram as mais baixas porcentagens de PEF. Nas duas primeiras houve porcentagens altas de plantas com resistência completa, semelhante ao da cultivar IAPAR 59 (padrão resistente). Nos demais cruzamentos testes, utilizando outras progênies F_3 da 'IPR 107', foram observadas altas porcentagens de PEF (Tabela 3).

A progénie F_4 17-2 da 'IPR 107' foi a única com 100% das plantas com resistência completa. As progênies F_4 14-1 e 14-3 com frequências relativamente baixas de PEF, respectivamente, 27,08% e 29,63%, foram, porém, superiores em comparação com o padrão 'IAPAR 59', com 10% de PEF (Tabela 4).

A frequência de PEF no cruzamento 'Catuaí Vermelho IAC 81' x progénie F_3 14-3 foi 10,00% e, portanto, baixa em comparação com outros cruzamentos como no caso do 'Catuaí Vermelho

IAC 81' x progênies F_3 14-1 com 93,33% (Tabela 3). Entretanto, nas progênies F_4 14-3 e 14-1 notaram-se porcentagem de PEF similar (Tabela 4). Esse fato indica que na progênies F_3 14-3 houve poucos genes de resistência não quebrados pela ferrugem, do mesmo modo que a progênies 14-1. A baixa frequência de PEF no cruzamento teste com a progênies F_3 14-3 pode ter ocorrido em vista da pouca quantidade de plantas avaliadas derivadas do cruzamento teste ($n=10$) (Tabela 3). Para o cruzamento teste com a progênies 29-8 todas as plantas proporcionaram resistência completa, entretanto, também poucas plantas ($n = 5$) foram avaliadas (Tabela 3). Portanto, novas avaliações deverão ser realizadas na progênies 29-8.

Para a progênies 17-2, foi observada baixa frequência de PEF tanto no cruzamento teste quanto na geração F_4 . A progênies 17-1 não foi avançada para a geração F_4 , entretanto, no cruzamento teste a quantidade de PEF foi similar ao da 17-2, mesmo sendo avaliadas muitas plantas ($n=50$).

Pelas notas médias de IF, constata-se que o nível de resistência das progênies 17-1, 17-2 e 29-8 é similar ao da 'IAPAR 59' (Tabela 3). Provavelmente, essas progênies tiveram os mesmos genes de resistência da 'IAPAR 59', pois esta é um dos parentais da 'IPR 107'. As progênies 17-1 e 29-8 serão avançadas para geração F_4 , enquanto a 17-2 será avançada para a geração F_5 .

Provavelmente, as progênies da 'IPR 107' com muitas PEF não são portadoras de algum gene S_H ou de outros provenientes da 'IAPAR 59' ou do "HDT CIFC 832-2". Entretanto, foi observada resistência incompleta em quase todas as progênies com 90% a 100% de PEF, pois suas notas médias de IF foram bem inferiores em comparação com a média dos padrões suscetíveis 'Bourbon Vermelho', 'Catuaí Vermelho IAC 81' e 'Icatu IAC 3282' (Tabela 3). Dez progênies F_3 tiveram resistência incompleta à população local de raças de ferrugem. As explicações sobre a resistência residual e durabilidade da resistência dessas progênies da 'IPR 107' podem ser as mesmas descritas anteriormente para a cultivar IPR 99, pois ambas possuem genes do HDT CIFC 832-2.

As porcentagens de PEF nos cruzamentos testes com as progênies F_4 C1P2 e C3P2 da 'IPR 99' foram mais altas do que nas respectivas progênies F_5 derivadas da autofecundação. Enquanto na progênies F_5 C3P2 a frequência de PEF foi 11,11%, nos cruzamentos testes com a progênies F_4 C3P2 a frequência média foi de 15,79%. Do mesmo modo na progênies F_5 C1P2 a frequência de PEF foi de 57,14% e nos cruzamentos testes com a progênies F_4 C1P2 a frequência média foi de 95,35%.

Para as progênies da cultivar IPR 107, na maioria dos cruzamentos testes, foi observada porcentagem mais

alta de PEF do que nas progênies F_4 provenientes da autofecundação. Isto pode ser mais bem observado para os cruzamentos testes com as progênies 14-1, 17-2 e 25-2 (Tabela 3). Para as progênies 13-6, 14-3 e 14-5 ocorreram mais PEF nas progênies derivadas da autofecundação (Tabela 4), provavelmente, porque foram avaliadas poucas plantas ($n < 15$) nos cruzamentos testes (Tabela 3). Portanto, para identificar cafeeiros com mais genes de resistência por meio dos cruzamentos testes, muitas plantas deverão ser avaliadas para que o resultado seja mais confiável.

Para várias progênies das cultivares IPR 99 e IPR 107 não foi ampla a diferença entre a porcentagem de PEF das progênies derivadas do cruzamento teste em comparação com as derivadas da autofecundação. Como um exemplo no cruzamento teste com a progênies F_3 17-5 de 'IPR 107', a porcentagem de PEF foi de 64% (Tabela 3), enquanto a progênies F_4 17-5 derivada da autofecundação de 60% (Tabela 4). É provável que o uso de cruzamentos testes seria mais útil para situações em que cafeeiros tivessem vários genes maiores em condição heterozigótica e fossem inoculados com raças portadoras de poucos fatores de virulência. Um exemplo deste caso seria o uso dos cruzamentos testes em progênies F_2 derivadas do cruzamento entre "HDT CIFC 832/2" (S_{H5} , S_{H6} , S_{H7} , S_{H8} , S_{H9} , $S_{H?}$) e 'Mundo Novo' (S_{H5}), submetidas à inoculação com a raça II (v5). Cruzamentos testes são mais difíceis de serem feitos do que a autofecundação, que é natural em *Coffea arabica*. Porém, a realização dos cruzamentos testes em progênies F_2 e F_3 é muito útil, pois o tamanho da população de plantas não diminui somente nas gerações seguintes, mas também nas outras gerações. Realizando os cruzamentos testes na F_2 é diminuído o número de progênies F_3 que deverão ser avaliadas para a resistência à ferrugem, consequentemente, também é diminuído o número de progênies F_4 , F_5 , F_6 e assim por diante, reduzindo bastante o número final de plantas avaliadas para se obter uma cultivar com resistência à ferrugem.

Com base na porcentagem de PEF dos cafeeiros derivados da autofecundação e dos cruzamentos testes é possível identificar cafeeiros com mais genes S_H não quebrados pela ferrugem (SERÁ et al., 2005, 2007). Este método é muito útil e simples para uma seleção preliminar de cafeeiros com mais genes de resistência à ferrugem, apesar da menor precisão quando comparado com avaliações por meio de inoculações artificiais de raças com genes de virulência conhecidos. Neste trabalho, quase todas as progênies da 'IPR 107' e uma progênies da 'IPR 99' foram descartadas pela sua alta porcentagem de PEF. Assim, somente as progênies com baixa porcentagem de PEF serão analisadas com mais precisão, o que diminui os custos e o tempo para o melhoramento genético do cafeiro.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR) e ao Consórcio Pesquisa Café por apoiarem financeiramente este trabalho; ao CNPq, à CAPES e à Universidade Estadual de Londrina pelas bolsas de doutorado concedidas.

REFERÊNCIAS

- ALVARADO, G.A. Evolution of *Hemileia vastatrix* virulence in Colômbia. In: ZAMBOLIM, L.; ZAMBOLIM, E. M.; VÁRZEA, V. M. P. (Eds.). **Durable Resistance to Coffee Leaf Rust**. Viçosa: UFV, 2005. p.99-116.
- BETTENCOURT, A.J. **Melhoramento genético do cafeiro:** transferência de factores de resistência à *Hemileia vastatrix* Berk. & Br. para as principais cultivares de *Coffea arabica* L. Lisboa: ULTRAMAR/CIFC, 1981. 93 p.
- BETTENCOURT, A.J.; LOPES, J.; PALMA, S. Fatores genéticos que condicionam a resistência às raças de *Hemileia vastatrix* Berk. et Br. dos clones-tipo dos grupos 1, 2 e 3 de derivados do Híbrido de Timor. **Brotéria Genética**, v.13, p.185-194, 1992.
- ESKES, A.B. Resistance. In: KUSHALAPPA, A.C.; ESKES, A. B. (Ed.). **Coffee rust: epidemiology, resistance and management**. Boca Raton: CRC Press, 1989. p.171-292.
- ESKES, A.B.; HOOGSTRATEN, J.G.J.; TOMA-BRAGHINI, M.; CARVALHO, A. Race-specificity and inheritance of incomplete resistance coffee leaf rust in some Icatu coffee progenies and derivatives of Híbrido de Timor. **Euphytica**, v.47, p.11-19, 1990.
- RODRIGUES-JUNIOR, C.J.; BETTENCOURT A.J.; RIJO, L. Races of the pathogen and resistance to coffee rust. **Annual Review of Phytopathology**, v.13, p.49-70, 1975.
- RODRIGUES-JUNIOR, C.J.; VÁRZEA, V.M.P.; SILVA, M.C.; GUERRA-GUIMARÃES, L.; ROCHEIRA, M.; MARQUES, D.V. Recent advances on coffee leaf rust. In: **INTERNATIONAL SCIENTIFIC SYMPOSIUM ON COFFEE, 2000**, Bangalore. **Proceedings...** Bangalore, India: Central Coffee Research Institute, 2000. p.179-193.
- SERA, G.H.; SERA, T.; ITO, D.S.; AZEVEDO, J.A.; MATA, J.S.; DOI, D.S.; RIBEIRO-FILHO, C. Selection for durable resistance to leaf rust using test-crosses on IAPAR-59 and Tupi IAC 1669-33 cultivars of *Coffea arabica*. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.50, p.565-570, 2007.
- SERA, T.; SERA, G.H.; ITO, D.S.; DOI, D.S. Coffee breeding for durable resistance to leaf rust disease at Instituto Agronômico do Paraná. In: ZAMBOLIM, L.; ZAMBOLIM, E. M.; VÁRZEA, V. M. P. (Ed.). **Durable Resistance to Coffee Leaf Rust**. Viçosa: UFV, 2005. p. 187-214.
- VARZEA, V.M.P.; MARQUES, D.V. Population variability of *Hemileia vastatrix* vs. coffee durable resistance. In: ZAMBOLIM, L.; ZAMBOLIM, E.M.; VÁRZEA, V.M.P. (Ed.). **Durable Resistance to Coffee Leaf Rust**. Viçosa: UFV, 2005. p.53-74.
- ZAMBOLIM, L.; ZAMBOLIM, E.M.; VALE, F.X.R. do; PEREIRA, A.A.; SAKYAMA, N. S.; CAIXETA, E.T. Physiological races of *Hemileia vastatrix* Berk. et Br. in Brazil – Physiological variability, current situation and future prospects. In: ZAMBOLIM, L.; ZAMBOLIM, E.M.; VÁRZEA, V.M.P. (Ed.). **Durable Resistance to Coffee Leaf Rust**. Viçosa: UFV, 2005. p.75-98.