

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO

Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira

Centro de Pesquisas do Cacau



BOLETIM TÉCNICO N° 199

**CONTRIBUIÇÕES DA GENÉTICA
MOLECULAR PARA O PROGRAMA DE
MELHORAMENTO DO CACAUEIRO
VISANDO RESISTÊNCIA A
VASSOURA-DE-BRUXA NO SUL DA
BAHIA**

*Milton Macoto Yamada
Fábio Gelape Faleiro
Miguel A Moreno- Ruiz*

2010

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO

Ministro: Wagner Gonçalves Rossi

Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira - CEPLAC

Diretor: Jay Wallace da Silva Mota

Superintendência Regional no Estado da Bahia - SUEBA

Superintendente: Antônio Zózimo de Matos Costa

Centro de Pesquisas do Cacau (CEPEC)

Chefe: Adonias de Castro Virgens Filho

Centro de Extensão (CENEX)

Chefe: Sergio Murilo Correia Menezes

Superintendência Regional no Estado de Rondônia - SUERO

Superintendente: Francisco das Chagas Rodrigues Sobrinho

Superintendência Regional no Estado do Pará - SUEPA

Superintendente: Raymundo da Silva Mello Júnior

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO

Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira

Centro de Pesquisas do Cacau



ISSN 0100-0845

**CONTRIBUIÇÕES DA GENÉTICA
MOLECULAR PARA O PROGRAMA DE
MELHORAMENTO DO CACAUEIRO
VISANDO RESISTÊNCIA A VASSOURA-DE-
BRUXA NO SUL DA BAHIA**

*Milton Macoto Yamada
Fábio Gelape Faleiro
Miguel A Moreno- Ruiz*

BOLETIM TÉCNICO N° 199

Ilhéus - Bahia

2010

CENTRO DE PESQUISAS DO CACAU - (CEPEC)

Chefe: Adonias de Castro Virgens Filho

Comissão de Editoração: José Luiz Bezerra, Miguel A. Moreno-Ruiz e Milton Macoto Yamada

Editor: Miguel Antonio Moreno-Ruiz

Assistentes de Editoração: Jacqueline C. C. do Amaral e Selenê Cristina Badaró

Normalização de referências bibliográficas: Maria Christina de C. Faria

Editoração eletrônica: Jacqueline C. C. do Amaral

Apoio financeiro: CEPLAC

Endereço para correspondência:

CEPLAC/CEPEC/SIDOC

Caixa Postal 07, 45600-970, Itabuna, Bahia, Brasil

Telefone: (73) 3214 -3218

Fax: (73) 3214 - 3218

E-mail: agrotrop@cepec.gov.br

Tiragem: 500 exemplares

F

633.742

Y19

YAMADA, M.M.; FALEIRO, F.G.; MORENO-R., M.A. 2010.
Contribuições da genética molecular para o programa de
melhoramento do cacauero visando resistência a vassoura-de-bruxa
no Sul da Bahia. Ilhéus, Ceplac/Cepec. Boletim Técnico nº 199.
20p.

1. *Theobroma cacao* - marcadores moleculares. 2. *Theobroma cacao* -
melhoramento participativo. I. Título. II. Série.



SUMÁRIO

Resumo	5
Abstract	6
Melhoramento genético do cacaueiro realizado no Centro de Pesquisa do Cacau	7
Seleção de clones resistentes à vassoura de bruxa com o auxílio dos produtores - melhoramento participativo	8
Os marcadores genéticos moleculares	9
Principais contribuições da genética molecular	12
Considerações finais e perspectivas	15
Glossário	15
Literatura Citada	18

Contribuições da genética molecular para o programa de melhoramento do cacauero visando resistência a vassoura de bruxa no Sul da Bahia

Milton Macoto Yamada¹, Fábio Gelape Faleiro², Miguel A. Moreno Ruiz¹

RESUMO

Em 1989 quando surgiu à vassoura de bruxa no Sul da Bahia, as plantações foram dizimadas porque grande parte era formada por materiais locais susceptíveis e bastante uniformes. As áreas provenientes de materiais híbridos também foram atacadas, entretanto, no meio delas foram encontradas algumas plantas livres da vassoura de bruxa. Era um fato esperado considerando-se que o Sca6 foi usado na produção desses híbridos. O Sca 6 e Sca12 tinham sido relatados em outros países como fonte de resistência a vassoura de bruxa. As primeiras seleções para resistência à vassoura de bruxa nas fazendas foram realizadas pela CEPLAC. Era uma maneira de acelerar o programa considerando que as plantas já se encontravam no campo em fase adulta. Tais seleções, para sua identificação, foram codificadas como VB (vassoura de bruxa). Posteriormente, CEPLAC encorajou os produtores a fazerem as próprias seleções com o acompanhamento dos agrônomos e técnicos do CEPEC e do CENEX e o programa ficou conhecido como melhoramento participativo. Os resultados das pesquisas com base em marcadores moleculares indicam grande diversidade genética dos clones recomendados e nas seleções realizadas nas fazendas, entretanto, para a grande maioria dessas seleções, a fonte de resistência a vassoura de bruxa tem a mesma origem genética, o Sca6. Diante disso, novas fontes de resistência devem ser identificadas e introduzidas nos programas de melhoramento genético e também nas fazendas, visando maior eficiência, estabilidade e durabilidade da resistência. Desafortunadamente existe certa tendência dos produtores utilizarem somente as seleções realizadas nas fazendas o que fatalmente podem torná-las vulneráveis. Em razão disso, os cacauicultores devem plantar, além dos materiais selecionados nas fazendas, outros materiais desenvolvidos pela pesquisa a partir de diferentes fontes de resistência. Para isso, os pesquisadores do CEPEC estão conduzindo o Programa de Melhoramento Genético do Cacauero, para o desenvolvimento contínuo desses materiais.

Palavras-chave: *Theobroma cacao*, marcadores moleculares, melhoramento participativo.

¹Ceplac/Cepec, Km 22 Rod. Ilhéus/Itabuna, Caixa postal 7, 45600-970, Itabuna, Bahia, Brasil.

²Embrapa Cerrados, BR 020, Km 18, Caixa postal 08223, 73301-970, Planaltina, DF, Brasil.

ABSTRACT

Contributions of molecular genetics for the cacao breeding program to witch's broom resistance in the South of Bahia

In 1989 when witch's broom appeared in the South of Bahia, the plantations were decimated because great part was formed by local susceptible and uniform material. The hybrid materials area was also attacked, however, within the plantations were found some plants free of witch's broom. It was an expected fact considering that Scavina was used in the production of those hybrids. The clones Sca 6 and Sca12 has been related as source of resistance to witches' broom. The first selections for resistance to witches' broom in the farms were accomplished by CEPLAC. It was a way to accelerate the program considering that the plants already existed in the field in adult phase. Such selections were coded as VB (stand for vassoura de bruxa). Later, CEPLAC encouraged the farmers to do their own selections with the help of agronomists and technicians of CEPEC and CENEX and the program was known as participatory breeding. The researches with molecular markers indicated great genetic diversity of the recommended clones and in the selections made in the farms, however, for the great majority of those selections, the resistance source to witches' broom has the same Sca 6 genetic origin. For this reason, new resistance sources should be identified and introduced in the genetic breeding program and also in the farms, seeking more efficiency, stability and durability of resistance. Unfortunately exists certain tendency of the farmers use only the selections made in the farms that become vulnerable. For this reason farmers should plant, besides the selected materials in the farms, other materials developed by the research with different resistance sources. For that, the researchers of CEPEC are directing the genetic breeding program of the cacao, for continuous development of those materials.

Key-words: *Theobroma cacao*, molecular markers, participatory breeding.

Melhoramento genético do cacauero realizado no Centro de Pesquisa do Cacau

A propagação vegetativa do cacauero era muito utilizada em muitos países produtores de cacau na década de 50, entretanto, na década de 60, depois da descoberta da heterose nas progênies F1 (Russel, 1952), iniciou-se o plantio de híbridos de cacauero. Quando foi criado o Centro de Pesquisas do Cacau (CEPEC/CEPLAC) em 1963 (Vello et al. 1969), iniciaram-se os testes de híbridos interclonais, os quais foram obtidos com cruzamentos entre materiais introduzidos de outros países e o material local conhecido como tipo comum. Alguns híbridos também foram obtidos com cruzamentos entre diferentes materiais do tipo comum. Os materiais com boas características agronômicas eram recomendados aos produtores de cacau (Tabela 1). Grande número de híbridos foi misturado para se ter uma ampla diversidade genética, para evitar o problema de auto-incompatibilidade e, com pragas e doenças. Os materiais locais apesar de estarem bem adaptados as condições edafoclimáticas da região e com boa produção também eram susceptíveis a doenças e por outro lado apresentavam pequena variabilidade.

Em 1989 quando surgiu a vassoura de bruxa no Sul da Bahia (Pereira et al. 1989), as plantações foram dizimadas porque grande parte eram formadas por materiais locais susceptíveis e bastante uniformes. As áreas provenientes de materiais híbridos também foram atacadas, entretanto, no meio delas foram encontradas algumas plantas livres da vassoura de bruxa. Era um fato esperado considerando-se que o Scavina foi usado na produção desses híbridos principalmente o Sca 6 sendo este em maior proporção do que o Sca12. O Sca 6 e Sca12 tinham sido relatados em outros países como fonte de resistência a vassoura de bruxa.

Em 1996, após as observações e avaliações no germoplasma do BAG, os primeiros clones foram recomendados aos produtores (Tabela 1). No campo, esses materiais resistentes eram enxertados em plantas adultas, porque as raízes já estavam formadas e com isso se apressaria o início de produção. Posteriormente, no germoplasma, foram identificados outros clones livres de doenças, porém não se sabia a origem genética da resistência, ou seja, se eram fontes de resistência relacionadas ou não ao Scavina.

Seleção de clones resistentes à vassoura de bruxa com o auxílio dos produtores - melhoramento participativo

As primeiras seleções para resistência à vassoura de bruxa nas fazendas foram realizadas pela CEPLAC. Era uma maneira de acelerar o programa considerando que as plantas já se encontravam no campo em fase adulta. Tais seleções, para sua identificação, foram codificadas como VB (vassoura-de-bruxa) (Figura 1). Posteriormente, CEPLAC encorajou os produtores a fazerem as próprias seleções com o acompanhamento dos agrônomos e técnicos do CEPEC e do CENEX e o programa ficou conhecido como melhoramento participativo.



Figura 1. Seleções VB realizadas pela CEPLAC.

Para evitar o problema de incompatibilidade, a CEPLAC recomendava fazer os testes de compatibilidade nos materiais selecionados nas fazendas e de acordo com o resultado fazer a distribuição correta das árvores no plantio ou durante a enxertia para evitar problemas de baixa fecundação dos frutos e, conseqüentemente, baixa produção (Yamada et al.1998b, Pinto et al.1998). No plantio de clones, a disposição das plantas de diferentes genótipos de incompatibilidade no campo é muito importante. No caso do uso de sementes híbridas iniciado em 1960, a auto-incompatibilidade naquela época não era problema porque havia uma mistura de diferentes híbridos. Com o uso da propagação vegetativa das seleções feitas nas fazendas, à realização dos testes de incompatibilidade como sugerido por Pinto et al (1998) e Yamada et al (1998b) passou a ser muito importante e obrigatória, entretanto muitos produtores não a fizeram. Isto foi, em parte, uma das causas da baixa produção obtida em algumas fazendas. Nessa época, ainda não tinham sido identificadas plantas resistentes autocompatíveis dentro das seleções nas fazendas. Isso pode ser explicado por causa da presença de 2 alelos de incompatibilidade de Sca 6, que eram transmitidas às progênes. Sendo que esses 2 alelos de incompatibilidade são dominantes em relação aos alelos de compatibilidade. A única fonte de resistência utilizada na época de distribuição de híbridos era procedente de Scavina. Diante do problema e com o avanço do programa de melhoramento participativo, iniciou-se a identificação e seleção de materiais autocompatíveis resistentes nas fazendas.

Os marcadores genéticos moleculares

Os marcadores genéticos podem ser utilizados para traçar o movimento dos genes de uma geração a outra, entre plantas ou usado para identificação de plantas, bastante utilizados em bancos de germoplasma. Os genes ou alelos de incompatibilidade podem ser usados como marcador assim como também o albinismo (Posnette, 1950) ou a característica de sementes brancas. As sementes brancas foram usadas para determinar a taxa de cruzamentos no início do programa de melhoramento do CEPEC (Vello, 1971). Em outros países o "axil spot" um marcador associado com a cor dos frutos que pode ser identificado em plantas jovens também foi utilizado (Harland e Frechville, 1927).

Mais recentemente, com os avanços das técnicas da genética e biologia

molecular, novos marcadores genéticos, chamados de marcadores moleculares, passaram a ser utilizados para auxiliar em diferentes etapas do programa de melhoramento genético do cacau. Dentro dessa perspectiva, o Centro de Pesquisas do Cacau, montou o laboratório de Biotecnologia e o Laboratório de Biologia Molecular, conhecido como BIOMOL (Figura 2). A utilização das mais modernas técnicas de obtenção e análises de marcadores moleculares tem permitido a obtenção de importantes informações que têm auxiliado o programa de melhoramento genético do cacau visando à resistência à vassoura de bruxa no Sul da Bahia. Os marcadores moleculares aqui utilizados são baseados em análises de produtos de expressão gênica e em fragmentos de DNA (Figura 3).



Figura 2. Laboratório de Biologia Molecular (BIOMOL) /CEPEC.

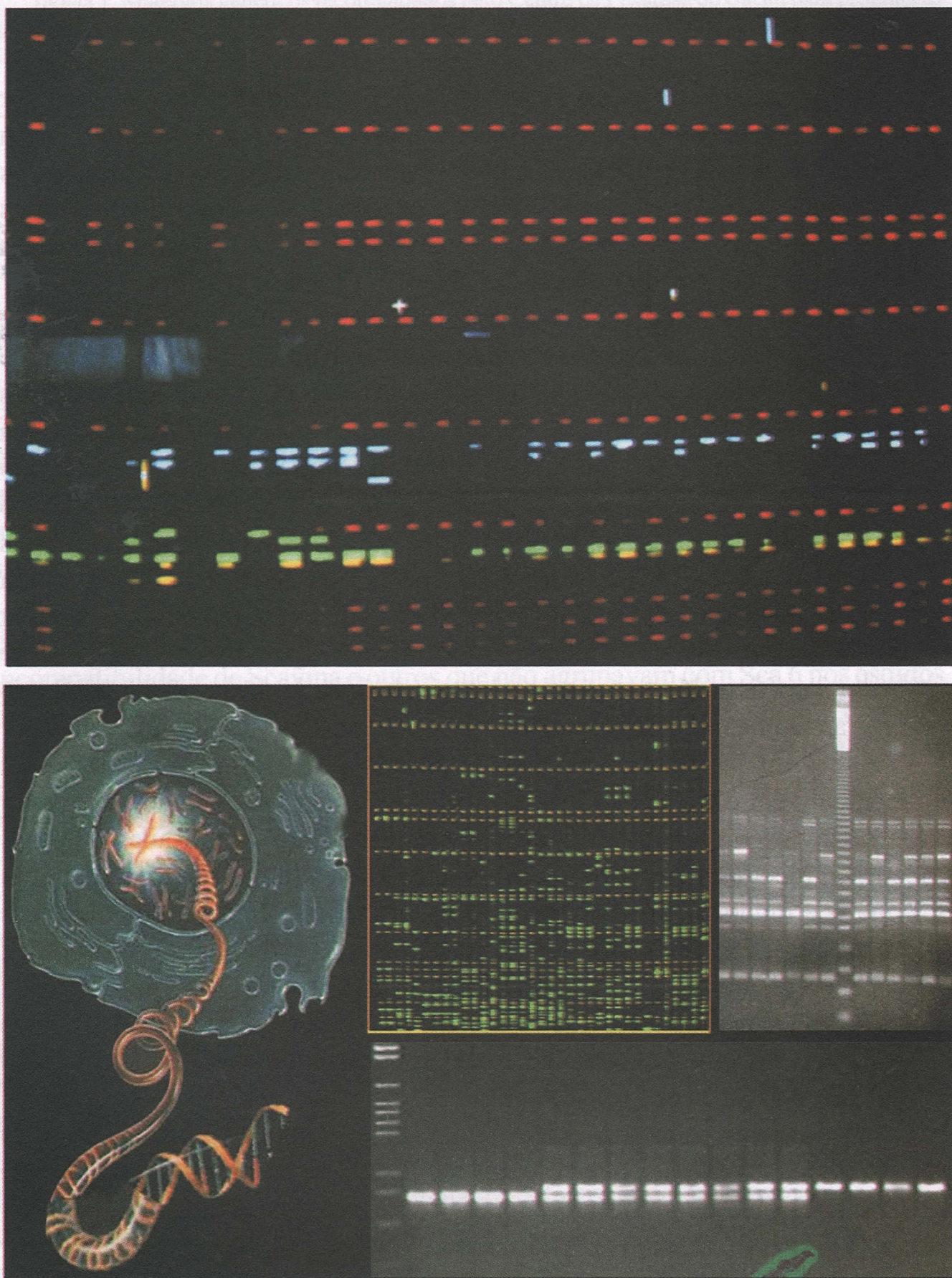


Figura 3. .Marcadores moleculares.

Principais contribuições da genética molecular

Um dos primeiros trabalhos na área da genética molecular foi realizado por Yamada e Guries (1998) que utilizaram marcadores isoenzimáticos, para determinar a taxa de cruzamento e polinização em cacaueiro. Estes mesmos marcadores moleculares foram utilizados para a realização dos primeiros testes de paternidade das plantas selecionadas em fazendas. Estes testes indicaram ser o Scavina o genitor da maioria das seleções (Yamada e Lopes, 1999).

Mais tarde, utilizando marcadores moleculares do DNA, nos estudos de diversidade genética das seleções feitas nas fazendas indicaram que havia grande variabilidade (Faleiro, F.G. et al., 2004; Faleiro, A.S.G. et al, 2004) e o mais interessante que algumas dessas seleções das fazendas não agruparam com Sca 6 levando a suspeitar que fossem diferentes fontes de resistência. Então para complementar esses estudos, os clones que não agruparam com Sca 6 foram novamente analisados, verificando-se que, provavelmente, eram netos de Scavina 6, talvez TSH 516 ou TSH 565 (F1 de Sca6 x ICS1) ou ainda progênie de Sca6 cruzado com um material distante geneticamente (Yamada et al., 2003). A característica de incompatibilidade em alguns casos é um eficiente marcador genético. No caso, se a planta selecionada não cruza com Sca 6 existe grande chance de este material ter a ascendência de Sca 6 ou Sca12.

O que vem intrigando os pesquisadores é a origem dos materiais autocompatíveis e também as seleções das fazendas que não se agruparam com o Scavina 6. Tentando investigar este fato foram analisadas algumas seleções autocompatíveis juntamente com os clones que não agruparam com Scavina 6 e diversos possíveis pais. O estudo demonstrou que os materiais locais e algumas seleções destes materiais eram relativamente uniformes, pertencendo ao mesmo grupo de similaridade genética (Marita 1998, Yamada et al. 2001). Os progenitores que formaram os primeiros híbridos distribuídos pela CEPLAC tinham grande diversidade genética, o que possibilitou o sucesso na realização de seleções nas fazendas.

Estudos com os primeiros clones recomendados pela CEPLAC (Tabela 1) mostraram a estreita base genética dos mesmos, levando a recomendação de novos clones obtidos a partir de novas fontes de resistência à vassoura-de-bruxa (Faleiro et al. 2001). Diante disso, novos clones passaram a ser recomendados (Tabela 1) e os estudos desses clones com base em marcadores moleculares demonstraram a ampliação da diversidade genética (Bertolde, 2007).

Tabela 1. Materiais genéticos recomendados pelo Centro de Pesquisa do Cacau para produtores de cacau do Sul da Bahia nas décadas de 1960, 1990 e 2000.

Época	Materiais genéticos recomendados
1960	Mistura de grande número de híbridos
1990	Primeiros clones: TSH 1188, TSH 516, TSH 565. CEPEC 42, EET 397, TSH 774, TSA 792, TSA 654, TSA 656
2000 - 2010	Atualmente 37 clones estão à disposição dos produtores

Este resultado é de grande importância porque a diversidade genética evita problemas quando ocorrem novas doenças ou pragas na região. Outra importância da diversidade genética das plantações é diminuir a pressão de inóculo na região produtora, o que beneficia inclusive as plantações com materiais suscetíveis.

Durante algum tempo os esforços vinham sendo realizados para determinar os possíveis pais das seleções nas fazendas que não possuem os alelos de incompatibilidade de Scavina e outros que não agrupavam com Sca 6 nos estudos de diversidade genética. A possibilidade de outros clones resistentes existentes na época no antigo germoplasma serem pais dessas seleções ainda não pôde ser descartada. Embora outros clones resistentes como CSul 3, RB 39, EET 399, EET 392 e Ma16 não tenham participado diretamente da formação de híbridos, existia a possibilidade de ter ocorrido contaminação porque sementes de polinização aberta foram distribuídas no passado na falta de sementes híbridas aos produtores. Os últimos dados do estudo de paternidade indicaram que as seleções realizadas nas fazendas não eram progênies diretas de Scavina 6 (Tabela 2), mas progênies de TSH ou outros clones em geração F2 (Yamada et al., 2009). Esses estudos reforçam a necessidade de incluir outras fontes de resistência considerando que muitas das seleções nas fazendas são baseadas em fonte de resistência oriunda do Scavina 6.

No sentido de conhecer e estudar os genes de resistência à vassoura de bruxa oriundos do Sca 6 foi feito o mapeamento genético em uma população F2 de Sca 6 x ICS1. Foi verificado que o clone Sca-6 apresenta um gene forte responsável pela resistência à vassoura-de-bruxa (Faleiro et al., 2006). Os resultados encontrados neste trabalho lançaram as bases para o desenvolvimento

Tabela 2. Seleção de cacaueiros resistentes a *Moniliophthora perniciosa*, nas fazendas, "potencial par de pais" e respectivos LOD score.

Número da seleção	Pais potenciais	LOD ¹ "score"
FSU 151 UF667-TSA 654 (1.39) (1.69)		
1)SIC 23-Pa150 (1.88) (2.94)		
	2)SIC 23-TSH565 (1.88) (2.94)	
VB 311 UF 667-TSH 565 (-1.38) (-1.27)		
VB 515 Sca12-UF 613 (-1.19) (1.57)		
VB 547 TSA644-SIC 23 (-1.94)		
América 2	TSA656-UF168	(2.34) (4.46)
PH 16 ICS8-UF168		(1.6) (4.77)
VB 184	ICS8-UF168 (7.63)	(2.58)
VB 900 IMC67-UF168		(-1.09) (6.43)

¹ LOD = logaritmo decimal

de mapas específicos saturados e de utilidade em programas de melhoramento do cacaueiro. Para isso, diversas características agronômicas têm sido avaliadas na mesma população utilizada neste trabalho e os resultados obtidos no mesmo já têm sido utilizados na seleção assistida por marcadores e também na viabilização de processos de piramidação de genes de resistência objetivando o aumento da eficiência e da durabilidade da resistência do cacaueiro à vassoura-de-bruxa.

As pesquisas para identificar novas fontes de resistência estão em andamento. Com essa finalidade outras populações estão sendo formadas com o objetivo de incluir fontes de resistência diferentes ao Scavina 6 no sentido de se ter uma resistência mais durável e com maior estabilidade. Certamente, o uso de marcadores moleculares está auxiliando na identificação desses novos genes de resistência. Como observado acima, tais marcadores têm grande importância prática como ferramenta auxiliar ao programa de melhoramento do cacaueiro. De toda forma, é importante salientar que além de um programa de melhoramento genético bem estruturado e auxiliado pelas técnicas da genética molecular, o conhecimento científico e multidisciplinar aliado ao conhecimento popular e prático dos produtores é essencial para resolver os problemas da cadeia produtiva do cacaueiro.

Considerações finais e perspectivas

Os resultados das pesquisas com base em marcadores moleculares indicam grande diversidade genética dos clones recomendados e nas seleções realizadas nas fazendas, entretanto, para a grande maioria dessas seleções, a fonte de resistência a vassoura de bruxa tem a mesma origem genética, o Sca6. Diante disso, novas fontes de resistência devem ser identificadas e introduzidas nos programas de melhoramento genético e também nas fazendas, visando maior eficiência, estabilidade e durabilidade da resistência.

Desafortunadamente existe certa tendência dos produtores utilizarem somente as seleções realizadas nas fazendas o que fatalmente as pode tornar vulneráveis. Em razão disso, os cacauicultores devem plantar, além dos materiais selecionados nas fazendas, outros materiais desenvolvidos pela pesquisa a partir de diferentes fontes de resistência. Para isso, os pesquisadores do CEPEC estão conduzindo o Programa de Melhoramento Genético do Cacauero, para o desenvolvimento contínuo desses materiais.

Glossário

Alelos: Formas alternativas de um gene

Auto-incompatibilidade: É a incapacidade de uma planta fértil formar sementes quando fertilizada por seu próprio pólen. É um mecanismo fisiológico, com base genética, que promove a polinização aberta, e tem despertado a atenção de geneticistas e melhoristas de plantas.

Bancos de germoplasma: São unidades conservadoras de material genético (por exemplo, vários acessos e variedades de cacauero) de uso imediato ou com potencial de uso futuro.

Biotecnologia: É a união de biologia com tecnologia, é um conjunto de técnicas que utilizam os seres vivos, ou parte desses, no desenvolvimento de processos e produtos que tenham uma função econômica e/ou social.

Característica agrônoma: Atributo estrutural ou funcional de um indivíduo ou acesso relacionado à performance produtiva quantitativa e/ou qualitativa (Exemplo: produtividade, resistência a doenças, qualidade do fruto, etc.).

Diversidade genética: Variabilidade; a existência de diferentes formas, em qualquer nível ou categoria. Variação hereditária devida à constituição genética dos indivíduos de uma população, sendo responsável por parte das suas diferenças fenotípicas.

DNA: Vem do inglês Deoxyribonucleic Acid, ou seja, ácido desoxirribonucleico. É o material genético básico da maioria dos organismos. Contém as informações genéticas determinantes das características hereditárias transmitidas à descendência.

Expressão gênica: É o processo pelo qual a informação hereditária contida em um gene, tal como a sequência de DNA, é processada em um produto gênico funcional, tal como proteínas ou RNA.

Gene: Unidade básica, física e funcional da hereditariedade.

Genética molecular: Estudo da estrutura física, funcional e molecular dos genes.

Heterose: Vigor híbrido que ocorre quando o comportamento do híbrido (ver) se situa acima da média de seus genitores. Geralmente, este termo se aplica a tamanho, velocidade de crescimento ou características agronômicas.

Híbrido: Produto do cruzamento de dois ou mais genitores geneticamente distintos.

Marcador molecular: É um tipo de marcador genético baseado na detecção de isoenzimas ou sequências de DNA.

Mapeamento genético: Construção de um mapa que mostra a posição relativa dos genes e/ou marcadores genéticos.

Marcador genético: Qualquer característica, processo bioquímico ou fragmentos de DNA que permitem a distinção de indivíduos geneticamente diferentes.

Marcador isoenzimático: É um tipo de marcador genético molecular baseado na detecção de isoenzimas. Também é considerado um marcador bioquímico.

Melhoramento genético: É a arte e a ciência de modificar, controlar e manter as características hereditárias de plantas ou animais, visando suprir melhor as necessidades humanas.

Melhoramento participativo: melhoramento genético realizado com o auxílio de produtores.

Piramidação de genes: Acúmulo de genes em uma linhagem ou variedade ou a introgressão de vários genes de resistência em uma única variedade. A piramidação de genes tem sido sugerida como uma estratégia potencial para manter a resistência a doenças por um longo período, ou seja, para aumentar a durabilidade da resistência.

Polinização aberta: união de um gameta masculino e um feminino produzido em indivíduos diferentes, sem a polinização ser controlada.

Propagação vegetativa: É uma modalidade de reprodução assexuada típica dos vegetais. Existem vários métodos de propagação vegetativa como a estaquia, enxertia, borbúlia, etc.

Seleção assistida por marcadores moleculares: Seleção indireta de indivíduos com características de interesse (por exemplo, resistência a doenças) com base em marcadores moleculares.

LITERATURA CITADA

- BERTOLDE, F. Z. 2007. Respostas fisiológicas ao alagamento do substrato e diversidade genética molecular de clones de *Theobroma cacao* L. Dissertação Mestrado. Ilhéus, UESC. 89p.
- HARLAND, S. C.; FRECHVILLE, G. E. 1927. Natural crossing and the genetic axil spot in cacao. *Genetica* 9:279-288.
- FALEIRO, A.S.G.; et al. 2004. Variability in Cocoa selected by producers for resistance to witches' broom based on microsatellite markers. *Crop Breeding and Applied Biotechnology* 4: 290-297.
- FALEIRO, F.G.; et al. 2001. Caracterização de variedades clonais de *Theobroma Cacao* L. com base em marcadores RAPD, AFLP e microssatélites. *Agrotrópica (Brasil)* 13(2):79-86.
- FALEIRO, F.G.; et al. 2004. Genetic diversity of cocoa accessions selected for resistance to witches' broom disease based on RAPD Markers. *Crop Breeding and Applied Biotechnology* 4(1): 12-17.
- FALEIRO, F. G.; et al. 2006. Mapping QTLs for witches' broom (*Crinipellis pernicioso*) resistance in cacao (*Theobroma cacao* L.). *Euphytica* 149: 227-235.
- MARITA, J. M. 1998. Characterization of *Theobroma cacao* using RAPD - marker based estimates of genetic distance and recommendation for a core collection to maximize genetic diversity. MSc Thesis, Madison, University of Wisconsin.
- PEREIRA, J. L. et al. 1989. Primeira ocorrência de vassoura-de-bruxa na principal região produtora de cacau do Brasil. *Agrotrópica (Brasil)* 1(1): 79-81.
- PINTO, L.R.M.; YAMADA, M.M.; AHNERT, D. 1998. Recomendações para determinação da incompatibilidade sexual no cacaueiro. Ilhéus, CEPLAC, CEPEC. 24p.

- POSNETTE, A.F. 1950. The pollination of cacao in the Gold Coast. *Journal Horticultural Science* 25:155-163.
- RUSSEL, T.A. 1952. The vigor of some cacao hybrids. *Tropical Agriculture* 29:102-106.
- VELLO, F.; et al. 1969. O programa de melhoramento genético do cacau na Bahia. In: *Conferencia Internacional de Pesquisas em Cacau*, 2, Salvador, Itabuna, Ba, Brasil. 1967. Memórias, Ilhéus, Ceplac, pp.43-45.
- VELLO, F. 1971. Observações sobre polinização do cacaueiro na Bahia. In: *International Cocoa Research Conference*, 3, Accra, Ghana, 1969. Tafo, CRI. pp.565-575.
- YAMADA, M.M.; GURIES, R.P. 1998. Mating system analysis in cacao (*Theobroma cacao* L.). *Agrotrópica (Brasil)* 10 (3): 165-176.
- YAMADA, M.M., et al. 1998. Efeitos da incompatibilidade sexual na produção de cacau. *Jornal A Tarde Rural* p.3, 14/12/1998.
- YAMADA, M.M.; et al. 2001. Genetic variability in cultivated Cocoa populations in Bahia, Brazil, using isozymes and RAPD markers. *Crop Breeding and Applied Biotechnology* 1(4): 377-384.
- YAMADA, M.M.; et al. 2003. Diversidade e origem das seleções de cacau (*Theobroma cacao* L.) feitas nas fazendas para resistência a vassoura-de-bruxa. In: *Congresso de Melhoramento de Plantas*, 2, Porto Seguro. [Em CD].
- YAMADA, M.M.; et al. 2009. Parent pair analysis of cacao trees selected for resistance to witches' broom using microsatellites. *Agrotrópica (Brasil)* 21(2):123-126.
- YAMADA, M.M.; LOPES, U.V. 1999. Paternity analysis of cacao trees selected for resistance to witches' broom disease in plantations. *Agrotrópica (Brasil)* 11: 83-88.

