

CITOGENÉTICA E MELHORAMENTO GENÉTICO
DA BANANEIRA (*Musa spp.*)



Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária - MAARA
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA
Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e fruticultura - CNPMF
Cruz das Almas, BA

DOCUMENTOS
CNPMF Nº 48

ISSN 0101 7411
AGOSTO/1993

CITOGENÉTICA E MELHORAMENTO GENÉTICO
DA BANANEIRA (Musa spp.)

Jorge Luiz Loyola Dantas
Kenneth Shepherd
Walter dos Santos Soares Filho
Zilton José Maciel Cordeiro
Sebastião de Oliveira e Silva
Antônio da Silva Souza

CRUZ DAS ALMAS - BAHIA

EMBRAPA, 1993
EMBRAPA - CNPMF, Documentos, 48

Exemplares desta publicação podem ser solicitados ao:
CNPMF - Rua EMBRAPA, s/nº
Telefone: (075) 721-2120 - Telex: (075) 2074
Fax: (075) 721-1118 - Correio Eletrônico STM400:18299/EMBRAPA
Caixa Postal 007 - CEP 44380-000 - Cruz das Almas, BA.

Tiragem: 1.000 exemplares

Comitê de Publicações:

Mário Augusto Pinto da Cunha - Presidente
Joselito da Silva Motta - Vice-Presidente
Edna Maria Saldanha - Secretária
Antonia Fonseca de Jesus Magalhães
Ygor da Silva Coelho
Marilene Fancelli
Luiz Francisco da Silva Souza
Manoel Teixeira Souza Junior
Getúlio Augusto Pinto da Cunha

DANTAS, J.L.L.; SHEPHERD, K.L.; SOARES FILHO, W. dos S.; CORDEIRO, Z.J.M.; SILVA, S. de O.; SOUZA, A. da S. Citogenética e melhoramento genético da bananeira (Musa spp.) Cruz das Almas, BA: EMBRAPA-CNPMF, 1993. 61p. (EMBRAPA-CNPMF. Documentos, 48).

Termos para indexação: Musa spp.; Germoplasma.

CDD 634.772

SUMÁRIO

| | Pág. |
|---|------|
| 1. INTRODUÇÃO | 5 |
| 2. CARACTERÍSTICAS GERAIS DAS BANANEIRAS CULTIVADAS | 7 |
| 2.1. Classificação botânica | 7 |
| 2.2. Origem e níveis cromossômicos das cultivares | 8 |
| 2.3. Evolução | 10 |
| 2.4. Classificação do germoplasma | 11 |
| 2.5. Distribuição geográfica | 14 |
| 3. ESTUDOS DO CARIÓTIPO. | 14 |
| 3.1. Técnica de contagem de cromossomos | 19 |
| 4. ESTERILIDADE GAMÉTICA EM BANANEIRAS DIPLÓIDES | 21 |
| 5. POLIPLOIDIA NO GÊNERO <i>Musa</i> | 24 |
| 5.1. Efeito da poliploidia sobre as bananeiras | 24 |
| 6. MELHORAMENTO GENÉTICO DA BANANEIRA | 27 |
| 6.1. Conservação , caracterização e avaliação de germoplasma .. | 28 |
| 6.2. Melhoramento por hibridação | 30 |
| 6.2.1. Melhoramento ao nível diplóide | 33 |
| 6.2.2. Produção de triplóides a partir de diplóides e de cruzamentos tetraplóide x diplóide | 36 |
| 6.2.3. Produção de tetraplóides a partir de triplóides | 43 |
| 6.3. Melhoramento por meio de mutações espontâneas ou induzidas | 50 |
| 7. APLICAÇÕES DE TÉCNICAS DE CULTIVO <i>In vitro</i> | 53 |
| 8. CONCLUSÕES | 54 |
| 9. REFERÊNCIAS | 56 |

CITOGENÉTICA E MELHORAMENTO GENÉTICO DA BANANEIRA (*Musa spp.*)

Jorge Luiz Loyola Dantas¹
Kenneth Shepherd²
Walter dos Santos Soares Filho¹
Zilton José Maciel Cordeiro¹
Sebastião de Oliveira e Silva¹
Antônio da Silva Souza¹

1. INTRODUÇÃO

A banana (*Musa spp.*) é uma das frutas mais consumidas no mundo, sendo explorada na maioria dos países tropicais. A produção mundial atingiu 45,0 milhões de toneladas em 1990, destacando-se o Brasil como o segundo país produtor e, também, como o maior consumidor, sendo responsável por cerca de 12,1% desse total (FAO, 1991).

No Brasil, a banana é cultivada em todos os Estados da Federação, desde a faixa litorânea até os planaltos do interior, contudo há restrições devidas a fatores climáticos, como a temperatura e a precipitação. Ocupa o segundo lugar dentre as fruteiras em relação à área colhida, sendo cultivada em 483.242 ha (IBGE/LSPA, 1991). É também uma das frutas preferidas pelos consumidores, sendo superada apenas pela laranja. O volume total de produção, em torno de seis milhões de toneladas/ano (FAO, 1991), é praticamente todo consumido dentro do país. Quanto à distribuição regional da produção, tem-se: Sudeste (33%), Nordeste (29%), Norte (18%), Sul (11%) e Centro Oeste (9%). Em relação aos Estados maiores produtores, encontram-se Bahia (18%), São Paulo (14%), Santa Catarina (9%), Pará (9%), Minas Gerais (8%), ficando com os demais o restante da produção (42%) (IBGE/LSPA, 1991).

Consumida em sua quase totalidade na forma **in natura**, a banana constitui parte integrante da alimentação das populações de baixa renda, não só pelo seu alto valor nutritivo, como pelo seu baixo custo, cabendo-lhe um papel fundamental na fixação da mão-de-obra

¹Eng^{os} Agr^{os}., Pesquisadores da EMBRAPA/Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura Tropical, Cx. Postal 007 - CEP 44380-000 - Cruz das Almas, Bahia.

²Consultor EMBRAPA-CNPME.

rural. Uma única banana supre cerca de um quarto da quantidade de vitamina C recomendada diariamente para crianças. Contém ainda vitaminas A e B, muito potássio, pouco sódio, nenhum colesterol e mais açúcar do que a maçã.

A bananicultura brasileira apresenta características peculiares, que a diferenciam da maioria das principais regiões produtoras do mundo, tanto em relação à diversidade climática em que é explorada, quanto no tocante ao uso de cultivares, forma de comercialização e exigências do mercado consumidor. Os cultivos são geralmente tradicionais com baixos índices de capitalização e níveis tecnológicos. Cultivos tecnificados são encontrados em São Paulo, Santa Catarina, Goiás e Minas Gerais, nos quais se observa a utilização de tecnologias geradas e/ou adaptadas de outros países. O baixo potencial de produtividade das cultivares em uso, inferior a 16 t/ha, o porte elevado de algumas cultivares, a falta de tolerância à estiagem e a presença de doenças e pragas são os principais problemas que afetam a cultura e que deverão ser solucionados somente a médio e longo prazos, a partir dos resultados de pesquisa (ALVES, 1986). As principais cultivares de banana do Brasil apresentam um ou alguns destes problemas (Tabela 1).

Em função do seu enorme potencial, a bananicultura vem despertando um interesse crescente entre pesquisadores de todo o mundo. Todavia, o inventário atual de conhecimentos científicos e tecnológicos sobre a mesma é ainda relativamente pequeno, havendo muitos problemas básicos que impedem o seu desenvolvimento e aproveitamento em maior escala. Diante desses problemas e considerando as características de sua exploração no país, o Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura Tropical (CNPMT), da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), em Cruz das Almas - Bahia, optou pela intensificação de pesquisas em melhoramento genético convencional por hibridação, face às suas amplas possibilidades de equacionar alguns dos fatores limitantes mencionados.

Na execução de trabalhos de melhoramento, os estudos citogenéticos são auxiliares básicos para a obtenção e/ou explicação de combinações cromossômicas desejáveis, aumentando as chances de sucesso na transferência estável de características genéticas de interesse para as diversas variedades do gênero *Musa*. Desta forma, o objetivo

TABELA 1 - Algumas características das principais cultivares de bananeira do Brasil. CNPMP/EMBRAPA, 1993.

| Cultivares | Porte | Resistência às doenças e pragas ¹ | | | | | |
|-----------------|-------|--|------------------|----------------|------|-------------------------|-----------------|
| | | Mal-do panamá | Sigatoka amarela | Sigatoka negra | Moko | Nema-tóides (R.similis) | Broca do rizoma |
| Prata (AAB) | Alto | MS | S | S | S | R | MR |
| Pacovan (AAB) | Alto | MS | S | S | S | R | MR |
| Prata Anã (AAB) | Baixo | MS | S | S | S | R | MR |
| Maçã (AAB) | Médio | S | MR | ? | S | R | MR |
| Mysore (AAB) | Alto | R | R | R | S | R | MR |
| Terra (AAB) | Alto | R | R | S | S | S | S |
| D'Angola (AAB) | Médio | R | R | S | S | S | S |
| Nanica (AAA) | Baixo | R | S | S | S | S | S |
| Nanicão (AAA) | Médio | R | S | S | S | S | S |

¹S - suscetível; MS - moderadamente suscetível; MR - moderadamente resistente; R - resistente.

deste trabalho é proceder um levantamento bibliográfico das informações existentes sobre a citogenética da banana, incluindo aspectos relacionados a projetos de melhoramento genético desenvolvidos no CNPMP-EMBRAPA que, na prática, já aplicam os resultados destes estudos.

2. CARACTERÍSTICAS GERAIS DAS BANANEIRAS CULTIVADAS

2.1. Classificação botânica

Conforme a sistemática botânica de classificação hierárquica, as bananeiras produtoras de frutos comestíveis são plantas da classe das Monocotiledôneas, ordem Scitaminales, família Musaceae, onde se encontram as subfamílias Heliconioideae, Strelitzioideae e Musoideae. Esta última inclui, além do gênero *Ensete*, o gênero *Musa* constituído

por quatro séries ou seções: *Australimusa*, *Callimusa*, *Rhodochlamys* e **(Eu-)Musa** (SIMMONDS, 1973). Dentro do gênero, existem no mínimo duas espécies, *M. ingens* ($2n = 14$) e *M. becarii* ($2n = 18$), que não são classificáveis nestas seções. A separação entre **(Eu-)Musa** e *Rhodochlamys* é artificial e não reflete bem os graus de isolamento reprodutivo (SHEPHERD, 1990). A seção **(Eu-)Musa** é a mais importante, pois, além de ser formada pelo maior número de espécies do gênero, apresenta ampla distribuição geográfica e abrange as espécies de bananas comestíveis.

A classificação proposta por CHEESMAN (1948) para o gênero *Musa* é aceita atualmente em todo o mundo e, baseia-se no número básico de cromossomos, dividindo-o em dois grupos: espécies com $n = 10$ cromossomos pertencem às seções *Australimusa* e *Callimusa*, enquanto que as espécies com $n = 11$ cromossomos integram as seções *Rhodochlamys* e **(Eu-)Musa**. As espécies componentes dessas duas últimas seções são as que apresentam potencialidade como germoplasma útil para melhoramento genético das variedades cultivadas. Segundo SHEPHERD (1990), essas espécies são: a) *Rhodochlamys*: *Musa ornata* Roxburgh, *M. velutina* Wendl & Drude, *M. laterita* Cheesman, *M. rubra* e *M. sanguinea*; b) **(Eu-Musa)**: *M. acuminata* Colla, *M. flaviflora* Simmonds, *M. ochracea* Shepherd, *M. schizocarpa* Simmonds, *M. halabanensis* e *M. balbisiana* Colla.

A Tabela 2, adaptada de CHAMPION (1967), apresenta esquematicamente a classificação das bananeiras, além de incluir outras famílias da ordem Scitaminales.

2.2. Origem e níveis cromossômicos das cultivares

A maioria das cultivares de banana originou-se no Continente Asiático, evoluindo a partir das espécies diplóides selvagens *M. acuminata* Colla e *M. balbisiana* Colla. Apresenta três níveis cromossômicos distintos: diplóide, triplóide e tetraplóide, respectivamente, com dois, três e quatro múltiplos do número básico ou genoma de 11 ($x = n$). A origem de bananeiras triplóides a partir de diplóides e de tetraplóides a partir de triplóides é constatada por meio de cruzamentos experimentais.

TABELA 2 - Esquema representativo da classificação das bananeiras. Adaptação de CHAMPION (1967).

| Classe | Ordem | Famílias | Subfamílias | Gêneros | Séries ou Seções |
|------------------|--------------|----------|----------------------------|-----------------|---|
| Monocotyledoneae | Scitaminales | Musaceae | Musoidaeae | Musa | Australimusa, Callimusa Rhodochamys, (Eu-)Musa |
| | | | | Ensete | |
| | | | | Strelitzioideae | Strelitzia |
| | | | Phanekospernum Ravenala | | |
| | | | Lowiaceae | Heliconioideae | Heliconia |
| | | | | | Iowia |
| | | | Zingiberaceae | | |
| | | | Marantaceae | | |
| | | | Cannaceae | | |

2.3. Evolução

Na evolução das bananeiras comestíveis participaram, principalmente, duas espécies diplóides selvagens, *M. acuminata* Colla e *M. balbisiana* Colla, de modo que cada cultivar deve conter combinações variadas de genomas completos das espécies parentais. Esses genomas são denominados pelas letras A (*M. acuminata*) e B (*M. balbisiana*), de cujas combinações resultam os grupos AA, BB, AB, $\bar{A}AA$, AAB, ABB, AAAA, AAAB, AABB e ABBB. Em adição, HUTCHISON (1966) e, posteriormente, SHEPHERD & FERREIRA (1982), relataram que a *M. schizocarpa* Simmonds também contribuiu para a formação de algumas cultivares híbridas na Nova Guiné. Dessa forma, nesta ilha é possível a ocorrência de combinações como AS e ABBS.

A evolução se processou em quatro etapas, repetidas em várias épocas (SIMMONDS & SHEPHERD, 1955). A primeira etapa constou da ocorrência de partenocarpia por mutação na espécie *M. acuminata* (AA), ou seja, a capacidade de gerar polpa sem a produção de sementes. Em sua forma original os frutos possuem grande número de sementes duras, que dificultam o seu consumo. Pelos conhecimentos atualmente existentes, supõe-se que a partenocarpia ocorreu apenas em *M. acuminata*, portanto as cultivares mais antigas foram diplóides do grupo AA. O número dessas cultivares pôde ser ampliado por meio de cruzamentos espontâneos entre si ou com outras formas selvagens da mesma espécie.

A segunda etapa se caracterizou pela hibridação entre cultivares do grupo AA e plantas selvagens de *M. balbisiana* (BB), para produzir híbridos diplóides do grupo AB, atualmente raros e possivelmente limitados na sua origem à Índia; vale ressaltar, entretanto, que Shepherd¹ encontrou duas cultivares AB na África Oriental em 1969. O tipo 'Ney Poovan' foi comumente observado em Uganda, estando presente nas ilhas do Caribe desde o início deste século sob a denominação de 'Guindy'.

¹SHEPHERD, K. (EMBRAPA-CNPMP). Comunicação pessoal. 1992.

A terceira e quarta etapas da evolução são admitidas baseando-se na capacidade de várias bananeiras e de alguns híbridos de gerarem em baixa frequência uma proporção de células-ovo viáveis, sem meiose típica, com a mesma constituição cromossômica e genética da planta mãe, seja esta diplóide ou triplóide. Por meio de cruzamentos espontâneos envolvendo pólen das espécies parentais (*M. acuminata* e *M. balbisiana*) ou das cultivares do grupo AA, com genótipos dos grupos AA e AB portadores de sacos embrionários diplóides, tornou-se possível a evolução de triplóides dos grupos AAA, AAB e ABB, pela adição de número básico X (A ou B). Da mesma forma, os tetraplóides dos grupos AAAA, AAAB, AABB e ABBB evoluíram a partir dos três grupos triplóides (Figura 1). Deve ser ressaltado que todos estes grupos foram constatados por avaliação taxonômica das cultivares exploradas em todo o mundo, à exceção do grupo AAAA, que só foi obtido por cruzamentos experimentais (SHEPHERD, 1984c).

2.4. Classificação do germoplasma

Na classificação de germoplasma desconhecido deve ser determinado inicialmente o número de cromossomos para discriminação entre acessos diplóides, triplóides e tetraplóides. Caso não se disponha de infraestrutura adequada para a contagem dos cromossomos, é possível obter-se alguma indicação mediante a orientação das folhas. Segundo SHEPHERD (1984d) as folhas de bananeiras diplóides são tipicamente eretas, as de triplóides são geralmente medianamente pendentes e as de tetraplóides são bem arcadas. Os acessos triplóides são os mais comuns e incluem todas as variedades plantadas em grande escala.

Para esclarecer a taxonomia das cultivares por meio da identificação dos grupos genômicos, SIMMONDS & SHEPHERD (1955) utilizaram duas características vegetativas e treze características de inflorescência, todas diferenciais entre as espécies, embora existam algumas exceções. Foi constatada a existência dos seguintes grupos: diplóides AA e AB; triplóides AAA, AAB e ABB; tetraplóides AAAA, AAAB, AABB e ABBB, sendo que esta classificação passou a ser adotada em todo o mundo. Ressalta-se que inicialmente não foram reconhecidas cul-

tivares dos grupos BB, BBB e BBBB, que pareciam não existir devido à ausência de partenocarpia na espécie *M. balbisiana*; todavia, Shepherd² observou uma fraca 'cultivar' BBB na Tailândia (Lep Chang Kut), que pode ser um híbrido 'Teparod' x BB. Na prática, não são necessários 15 caracteres para que seja determinado o grupo genômico de uma cultivar, entretanto esses caracteres são investigados nos casos de difícil discriminação, a exemplo dos grupos AAA e AAB. SHEPHERD (1992) elaborou um documento sobre a utilização de poucos caracteres na discriminação entre os grupos triplóides.

Um aspecto evidenciado em plantios extensivos relaciona-se com a grande mutabilidade de muitas cultivares, fator que permite a ampliação do número de cultivares. Nos casos em que as mutações apresentam efeitos importantes no uso e/ou comercialização, utiliza-se o termo " subgrupo " proposto por SIMMONDS (1973), para abranger cultivares originárias por mutação de uma única forma ancestral. Exemplos que se destacam na diversidade das formas são o subgrupo Cavendish (grupo AAA) e o subgrupo Plantain ou Terra (grupo AAB).

Na identificação de cultivares dentro dos grupos são conhecidas apenas as chaves publicadas por SIMMONDS (1973), que se referem, separadamente, às principais cultivares dos três grupos triplóides. Além disso, ainda não foi publicada uma boa lista de descritores para a caracterização das cultivares; a lista de SIMMONDS (1984) é incompleta e a lista francesa, inédita, também omite alguns descritores úteis. A necessidade de elaboração de uma lista internacional e bem abrangente de descritores é reconhecida há muito tempo, para facilitar a identificação de sinônimos em países diferentes e para melhor descrição da variabilidade existente no mundo. Com esta finalidade, fez-se uma pesquisa, no Brasil e no exterior, que resultou em nova lista contendo mais de 100 descritores, sendo quase todos relativos a aspectos morfológicos, quantitativos e qualitativos, que podem ressaltar diferenças entre cultivares (SHEPHERD, 1984a).

²SHEPHERD, K. (EMBRAPA-CNPMF). Comunicação pessoal. 1992.

2.5. Distribuição Geográfica

A bananeira é uma planta tipicamente tropical, exigindo calor constante e elevada umidade para seu bom desenvolvimento. Essas condições favoráveis são registradas na faixa compreendida entre os paralelos de 30° de latitude norte e sul, nas regiões onde as temperaturas se situam entre os limites de 10 a 40°C. Entretanto, existe a possibilidade de seu cultivo em latitudes acima de 30°, desde que a temperatura seja adequada (MOREIRA, 1987).

Devido à sua ampla adaptação, é cultivada em quase todos os países tropicais. Segundo a FAO (1991), em 1990 o principal país produtor foi a Índia, seguida pelo Brasil, Filipinas, Equador e China. Neste ano os principais países exportadores foram o Equador, Honduras, Costa Rica, Colômbia, Panamá e Guatemala, responsáveis respectivamente por 25,0%; 12,6%; 12,0%; 11,7%; 9,0% e 4,4% das exportações mundiais.

3. ESTUDOS DO CARIÓTIPO

No gênero *Musa* existem dois números básicos de cromossomos, 10 e 11, de acordo com o esquema proposto por CHEESMAN (1948). Os atuais tipos cultivados possuem número básico de 11 (x), com 22, 33 e 44 cromossomos somáticos, entretanto, todas as cultivares de ampla utilização no Brasil e no mundo, são triplóides com 33 cromossomos ($3x$). A Figura 2 mostra o ideograma das espécies selvagens *M. acuminata* ($x = 11$) e *M. balbisiana* ($x = 11$), além dos cromossomos somáticos da espécie *M. acuminata* Colla ($2n = 22$) em metáfase. Os cromossomos somáticos de cultivares triplóides ($3x = 33$) derivadas de *M. acuminata* e *M. balbisiana* em metáfase podem ser observados nas Figuras 3 e 4, respectivamente. A Figura 5 apresenta a metáfase de cromossomos somáticos de híbridos tetraplóides ($4x = 44$), enquanto que a Figura 6 revela a metáfase de híbridos heptaplóides indesejáveis ($7x = 77$).

SHEPHERD (1959) descobriu dois novos números básicos de cromossomos em *Musa*, a partir das contagens dos cromossomos somáticos de dois acessos da coleção de Trinidad. O primeiro acesso, I.R. 503, apresentava algumas semelhanças com *Callimusa*, mas diferia quanto às características das sementes e número de cromossomos ($2n = 18$). O ou-

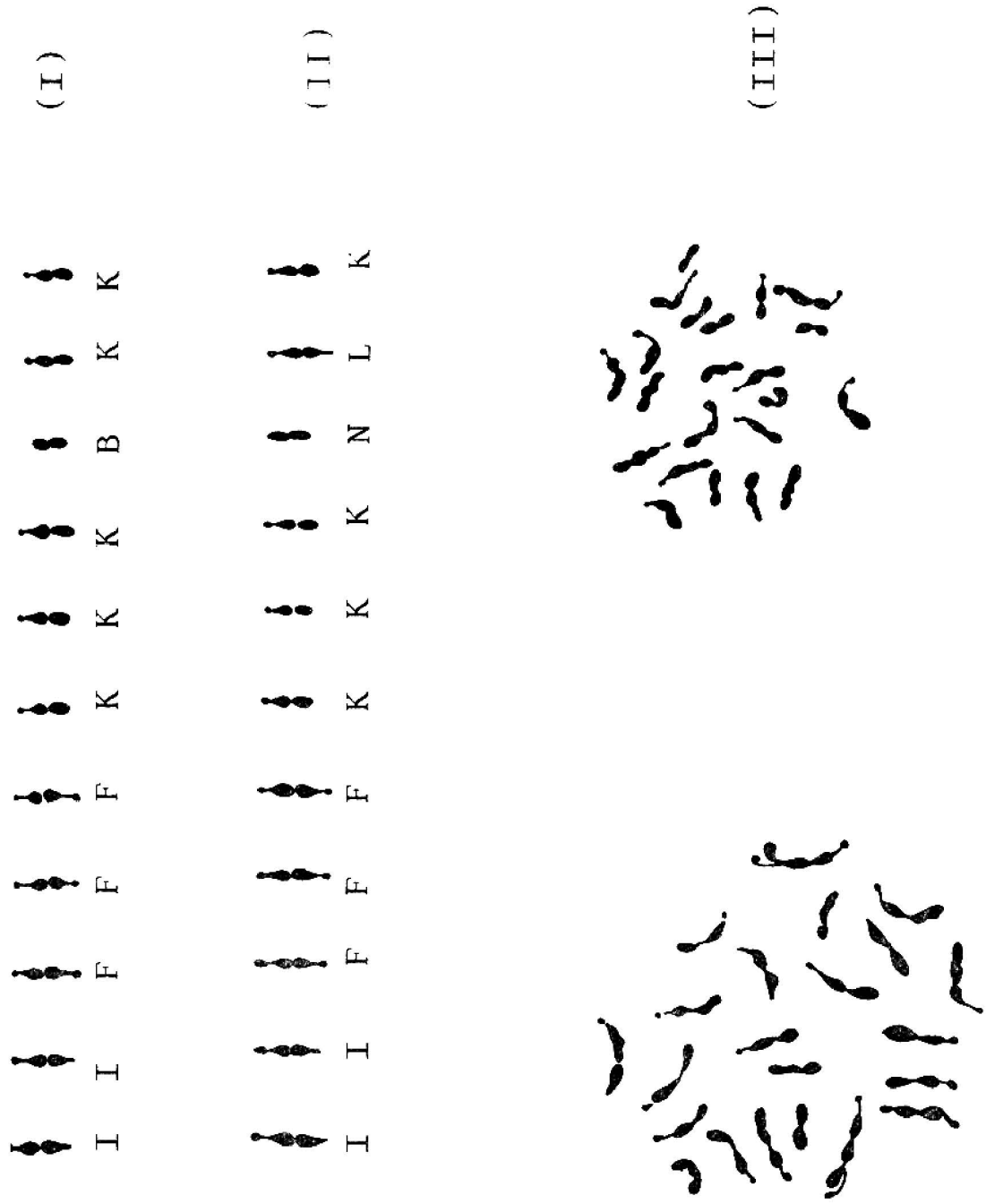


FIG. 2 - Ideograma das espécies selvagens *Musa balbisiana* ($x = 11$) (I) e *Musa acuminata* ($x + 11$) (II). Cromossomos somáticos de *Musa acuminata* Colla ($2n = 22$) em metáfase (III).



FIG. 3 - Cromossomos somáticos de cultivares triplóides de banana ($3x = 33$), derivados de *Musa acuminata*, em metáfase.



FIG. 4 - Cromossomos somáticos de cultivares triplóides de banana ($3x = 33$), derivados de *Musa balbisiana*, em metáfase.

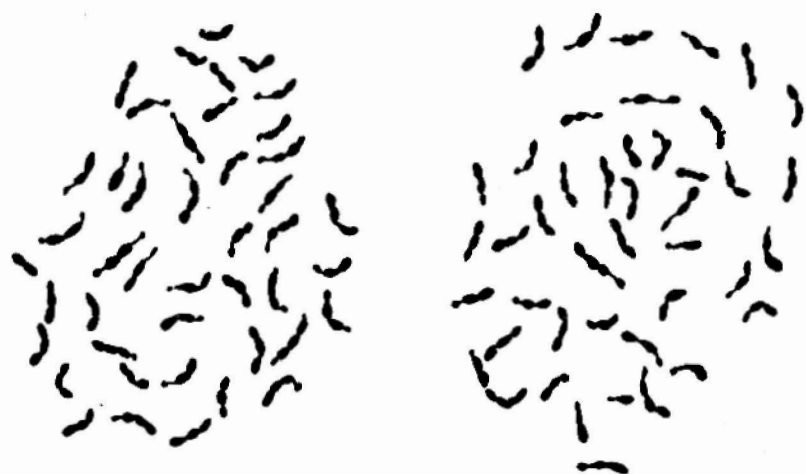


FIG. 5 - Cromossomos somáticos de híbridos tetraplóides de banana ($4x = 44$), em metáfase.



FIG. 6 - Cromossomos somáticos de híbrido heptaplóide de banana ($7x = 77$), em metáfase.

tro acesso, I.R.510, assemelhava-se à **Ensete** no diâmetro das sementes, mas em vários outros aspectos era parecido com **Musa**. Outros caracteres, a exemplo do pouco perfilhamento, eram intermediários entre os dois gêneros e o número de cromossomos foi de $2n = 14$. Mediante a análise da meiose do I.R.503 foram observadas cadeias de três ou quatro cromossomos na metáfase, indicando heterozigosidade para pequenas translocações. Apesar das translocações ocorrerem com frequência em bananas comestíveis e híbridos experimentais de **Musa**, esta foi a primeira vez em que a heterozigosidade para translocação foi descrita em formas selvagens.

De acordo com SHEPHERD (1984b), os cromossomos da bananeira são pequenos e não são visíveis, pelo menos separadamente, numa célula que não esteja em divisão mitótica. Apresentam-se como filamentos compridos e finos dentro do núcleo, porém no início da divisão (prófase) eles se contraem numa espiral compacta ainda dentro da membrana externa do núcleo, estando aptos a receberem alguns corantes especiais. Nessa fase, a contagem precisa só é possível muito raramente.

Em adição, Shepherd³ ressalta que os estudos do cariótipo da bananeira foram dificultados em função dos cromossomos serem bastante pequenos, não sendo úteis para caracterização estrutural; outro entrave considerável foi a frequência de translocações. Atualmente, entretanto, com o advento das técnicas modernas de biotecnologia vegetal, estão sendo elaborados mapas genéticos baseados na técnica de RFLP (Restriction Fragment Length Polymorphisms = Fragmentos polimórficos de DNA).

3.1. Técnica de contagem de cromossomos

Após o rompimento da membrana nuclear, na metáfase da mitose normal, os cromossomos são mais receptivos aos corantes, distribuindo-se no equador de um fuso invisível, num "prato" compacto que não

³SHEPHERD, K, (EMBRAPA-CNPMF) Comunicação pessoal. 1992.

permite a contagem por uma vista lateral. Rapidamente, cada cromossomo se divide longitudinalmente, migrando aos polos opostos ao fuso (anáfase), para reconstruir dois novos núcleos com o mesmo número de cromossomos da célula original.

Inicialmente, as contagens eram feitas a partir de seções transversais dos ápices de raízes, permitindo uma visão por sobre o prato, porém esta técnica caiu em desuso, devido ao excesso de trabalho na preparação do material e no corte em micrótomo. Os citogeneticistas atuais utilizam-se de algumas drogas para paralisar as metáfases, eliminando os fusos e deixando os cromossomos ainda mais contraídos e dispersos no citoplasma. As drogas principais utilizadas são o paradiclorobenzol, monobromonaftaleno, 8 - oxiquinolina e colchicina. Esta última é cara e raramente dá melhores resultados do que as demais.

No caso de banana, SHEPHERD (1984b) conseguiu bons resultados com tratamento de seis a oito horas em solução de 0,03% de 8-oxiquinolina, mantendo os ápices de raízes numa temperatura de 20 a 25°C. A fase seguinte consiste em matar os tecidos (fixação) e dissolver as substâncias entre as paredes das células do meristema (maceração). A maioria dos pesquisadores cumpre estas etapas separadamente, utilizando uma mistura de ácido acético e álcool (1:3) como fixador e 1% de ácido clorídrico a 60°C como macerador. Em banana, entretanto, os dois objetivos podem ser atingidos, após três horas ou mais, com mistura de uma parte de álcool, quatro de ácido acético e cinco de água, ou em misturas semelhantes. A maceração por esta técnica não precisa de aquecimento. Finalmente, o meristema, aproximadamente o milímetro final de uma raiz jovem, é esmagado entre lâmina e lamínula, separando as células numa só camada, em solução de 2% do corante orceína, no solvente lactofenol (partes iguais de ácido láctico, fenol, glicerol e água). Outro solvente muito utilizado é constituído por 45% de ácido acético dissolvido em água. Todavia, o lactofenol tem as vantagens de proporcionar maior solubilidade do corante e não secar facilmente.

Na busca de células úteis para as contagens, usa-se aumento de 300 a 400 vezes. A contagem é feita com aumento entre 1000 a 1500 vezes, a depender da célula, utilizando objetiva de 100 vezes, com óleo de imersão (SHEPHERD, 1984b).

4. ESTERILIDADE GAMÉTICA EM BANANEIRAS DIPLÓIDES

O fato de que as autopolinizações de espécies ou subespécies não partenocárpicas, ou seja, seminíferas, resultam em menor produção de sementes que as fecundações cruzadas entre as mesmas espécies e subespécies, indica que é possível que certos caracteres em estado heterozigoto tornem-se letais em homozigose dos alelos recessivos. Isto é válido para os diplóides não partenocárpicos aparentemente normais, visto que a esterilidade nas formas partenocárpicas é evidentemente analisada de forma distinta. SIMMONDS (1952), observou que as autopolinizações de formas selvagens produziram um número de sementes superior em relação aos cruzamentos com outras subespécies; este número, entretanto, é inferior ao obtido a partir de cruzamentos dentro da subespécie.

O estudo das anomalias na formação dos gametas tem sido efetuado por pesquisadores de várias instituições de pesquisa, observando as meioses das células mães do grão de pólen e o grau de pareamento dos cromossomos ao longo das metáfases. Para a prática desses estudos dispõe-se de excelente material, em todos os estádios de evolução. Alguns autores, citados por CHAMPION (1967), recomendam que para essas pesquisas sejam utilizadas flores masculinas de 1 cm de comprimento e 2 mm de diâmetro.

WILSON (1946) analisou a meiose em seis formas seminíferas diplóides designadas como *M. zebrina* (provavelmente *M. acuminata* ssp. *malaccensis*), observando que cinco dessas formas apresentavam meioses absolutamente normais, como posterior formação de tétrades normais, isto é, com quatro células. A sexta forma, entretanto, apresentou anormalidades em 84% das placas em metáfase I, com somente 36% das tétrades normais, enquanto que outras tétrades apresentavam cinco, seis e até mais células. Estas anomalias foram atribuídas à assinapse de um par de cromossomos. Outros clones também foram avaliados, a exemplo do Calcutta, 'Long Tavoy' e quatro clones de *M. balbisiana*, que se comportaram como diplóides normais, embora fossem observadas anormalidades ocasionais no pareamento meiótico. Pode-se então concluir que, em geral, a microsporogênese em bananeiras seminíferas ocorre normalmente.

Em trabalhos sobre macrosporogênese, DODDS (1945) acompanhou o desenvolvimento do saco embrionário no clone 'Selangor' e em outras formas de *M. acuminata* ssp. *malaccensis*, observando que, de 59 sacos embrionários avaliados, 52 foram normais e sete abortaram no estágio uninucleado. Essas observações, aliadas a outros resultados já existentes, permitiram concluir que a porcentagem de formação de gametófitos normais, viáveis e dos dois sexos, na subespécie *malaccensis* é bastante elevada (90% a 92%).

SIMMONDS & DODDS (1949) observaram que a maioria das espécies de quatro seções de *Musa* (Eu-) *Musa* e *Rhodochlamys* com $2n = 22$ e *Australimusa* e *Callimusa* com $2n = 20$ apresentou meiose essencialmente regular, muito embora tenha sido detectada em baixa frequência a ausência de pareamento e inversões. Em três plantas, clones de *M. acuminata* (Eu-) *Musa*, *M. peekelli* (*Australimusa*) e no clone Kermode (Eu-) *Musa*, o pareamento foi baixo e irregular. Somente o último clone pode ser identificado como um híbrido interespecífico; os outros dois não apresentaram evidências fenotípicas de hibridação e a ausência de pareamento pode ter resultado de assinapse.

GOVINDASWAMI (1962) estudou a meiose de uma bananeira selvagem semelhante a *M. balbisiana*, cuja inflorescência é formada somente por um ou dois frutos normais, enquanto que os outros não se desenvolvem e caem quando maduros, indicando que a esterilidade feminina não é seguida pela partenocarpia. Os resultados mostraram evidentes anomalias, já que vários cromossomos se encontravam isolados ou em associações de três ou quatro, o que sugere a existência de uma translocação entre dois cromossomos não homólogos. Em decorrência dessas anomalias apenas 59% a 60% do pólen era normal.

As anomalias meióticas tornam-se notadamente mais frequentes quando se trabalha com diplóides partenocárpicos. DODDS (1943) detectou a ocorrência de anormalidades na gametogênese masculina e feminina, a partir de observações realizadas nas cultivares AA Figue Sucrée (Ouro), Bandé, Pisang Lilin ou Lidi e na cultivar diplóide AB Guindy. Na meiose masculina da cultivar Lidi, de 12 núcleos metafásicos, cinco tinham 11 bivalentes e sete apresentavam dez bivalentes e em 2000 e 2200 células mães do grão de pólen, por antera, encontrou-se aproximadamente 9000 grãos de pólen. Outras observações foram efetuadas por WILSON (1946) em 62 placas metafásicas, resultando em

dez casos com 11 bivalentes; 18 com dez bivalentes e dois monovalentes; 32 com nove bivalentes, um monovalente e um trivalente; dois com nove bivalentes e um tetravalente. Estimou-se que 90% das tétrades foram normais e que cerca de 41% do pólen é viável.

Ao investigar a gametogênese feminina em 'Lidi', DODDS (1943) constatou que esse caso particular de esterilidade feminina praticamente completa não era de origem genética direta, mas consequência de condições particulares, talvez de natureza hormonal, como deficiência do crescimento do tubo polínico nos estigmas e estiletos, ou mesmo um defeito de fusão dos núcleos. Com relação às cultivares Guindy e Bandé, estas apresentaram uma esterilidade masculina mais pronunciada que a feminina, enquanto que o 'Figue Sucrée' mostrou baixíssimas taxas de fertilidade feminina (2,3%) e masculina (8,0%), em função das translocações ocasionadas por fortes associações (presença de trivalentes).

DODDS & SIMMONS (1948) estudaram a esterilidade e partenocarpia em híbridos diplóides de *Musa* e verificaram que a partenocarpia mostrou o resultado da ação de um gene dominante P, cuja expressão está sujeita à ação de modificadores. Em adição, concluíram que a partenocarpia é independente da estrutura híbrida e da poliploidia, e que as plantas partenocárpicas não são completamente estéreis. Posteriormente, SIMMONDS (1953) constatou que a herança é mais complexa e que um mínimo de três genes dominantes estão envolvidos no seu controle.

Em síntese, o comportamento dos diplóides com sementes é geralmente normal, ainda que anomalias genéticas sejam ocasionalmente relevantes. O estado de heterozigotia só poderá ser estudado por meio de análise de descendência obtida por autopolinização. A esterilidade constatada nos diplóides partenocárpicos é geralmente bastante elevada nos dois sexos, principalmente como consequência de irregularidades meióticas devidas a anomalias cromossômicas. A partenocarpia é um fenômeno independente da esterilidade gamética e, por outro lado, não está associada à poliploidia, visto que a partenocarpia está presente nos diplóides (CHAMPION, 1967).

5. POLIPLOIDIA NO GÊNERO Musa

O processo evolutivo da maioria das plantas superiores teve como principal contribuinte o aumento do número básico de cromossomos da espécie. Esse aumento provocado pela poliploidia foi freqüentemente favorável, permitindo uma melhor adaptação das espécies ao seu ambiente. Como consequência, aproximadamente metade das plantas cultivadas é poliplóide, possuindo números de cromossomos que são múltiplos exatos do conjunto básico característico das espécies.

A poliploidia, muitas vezes, é fator de esterilidade parcial ou completa. Na cultura da bananeira ela desempenhou um importante papel, visto que as cultivares comerciais sem sementes são triplóides, com 33 cromossomos, enquanto que as bananeiras selvagens seminíferas apresentam $2n = 22$ cromossomos. A reduzida capacidade de produção de sementes nos triplóides, devida à esterilidade gamética ocasionada por problemas de pareamento gerados pela triploidia do tecido germinativo; irregularidades ou retardamento do crescimento de tubos polínicos nos estilos de flores femininas; não-fertilização, mesmo com o desenvolvimento do tubo, por razões desconhecidas; e necrose do nectário da flor feminina no momento da abertura, permitiu a utilização comercial destas cultivares, uma vez que as sementes de *Musa* são duras, o que torna seus frutos comercialmente inaceitáveis. Além disso, em *Musa* spp. o alto vigor das plantas está diretamente associado com a poliploidia, já que as variedades triplóides e tetraplóides são bem mais vigorosas que as diplóides.

Os estudos genéticos dos poliplóides propiciaram uma série de informações. WILSON (1946) examinou a meiose de alguns clones triplóides de *Musa* e mediante as análises citológicas verificou que a supressão da primeira divisão meiótica conduz à formação de gametas triplóides, que podem se combinar com gametas haplóides de indivíduos diplóides, dando origem a genótipos tetraplóides. Esse comportamento citológico está completamente de acordo com o processo de evolução das bananeiras.

5.1. Efeitos da poliploidia sobre as bananeiras

A verificação dos efeitos da poliploidia na banana foi efetuada, preliminarmente, por vários autores, por meio de determinação dos vo-

lumes celular e nuclear das células mães do grão de pólen, a partir de plantas diplóides, triplóides e tetraplóides. Constatou-se que o aumento da ploidia tinha uma relação linear com os aumentos do volume celular e do tamanho dos nucleólos. A relação entre tamanho do grão de pólen e número de cromossomos também aproxima-se de uma relação linear (VAKILI, 1967). Além disso, foram observadas as características fenotípicas das espécies poliplóides, notando-se que as plantas poliplóides, em comparação com as diplóides, apresentavam folhas mais inclinadas e sistema radicular mais fraco.

SIMMONDS (1949) verificou o efeito da poliploidia em famílias de "seedlings" produzidos por retrocruzamentos de três híbridos diplóides, obtidos por cruzamento de duas espécies diplóides. Alguns pentaplóides foram produzidos e tinham estômatos maiores e densidades de estômatos menores que os triplóides. Por sua vez, os triplóides possuíam estômatos um pouco maiores que os diplóides. A Figura 7 apresenta a relação entre caracteres de estômato e ploidia em *Musa*. Além da contagem do número de cromossomos, a análise dos estômatos mostrou ser uma boa medida do grau de poliploidia das plantas.

VAKILI (1962) realizou um trabalho cujo objetivo foi avaliar a indução de poliploidia em banana, por meio da utilização de colchicina. Para tal fim, sementes intactas e "seedlings" de banana foram tratados com variadas concentrações de colchicina, observando-se que a droga aumentou a mortalidade, retardou o crescimento das plantas e induziu duplicação do número cromossômico. As sementes intactas, tratadas com colchicina, foram menos afetadas pelo agente indutor de poliploidia que os "seedlings", talvez pelo fato dessas sementes apresentarem camadas grossas e o embrião se encontrar no estado quiescente. Posteriormente, VAKILI (1967) desenvolveu novos estudos e constatou que a droga pode ser um elemento de indução de poliploidização em plantas de banana. O processo consistiu da imersão de "seedlings" diplóides em solução de 0,5% de colchicina, resultando na formação de plantas tetraplóides, mais altas e mais robustas que as diplóides, porém com crescimento mais lento, folhas mais inclinadas e sistema radicular menos desenvolvido. A tetraploidia afetou o tamanho e forma do fruto em algumas variedades, mas não alterou o tamanho do cacho. A duplicação do número de cromossomos também contribuiu para aumentar a concentração de antocianina nas folhas das variedades pigmentadas.

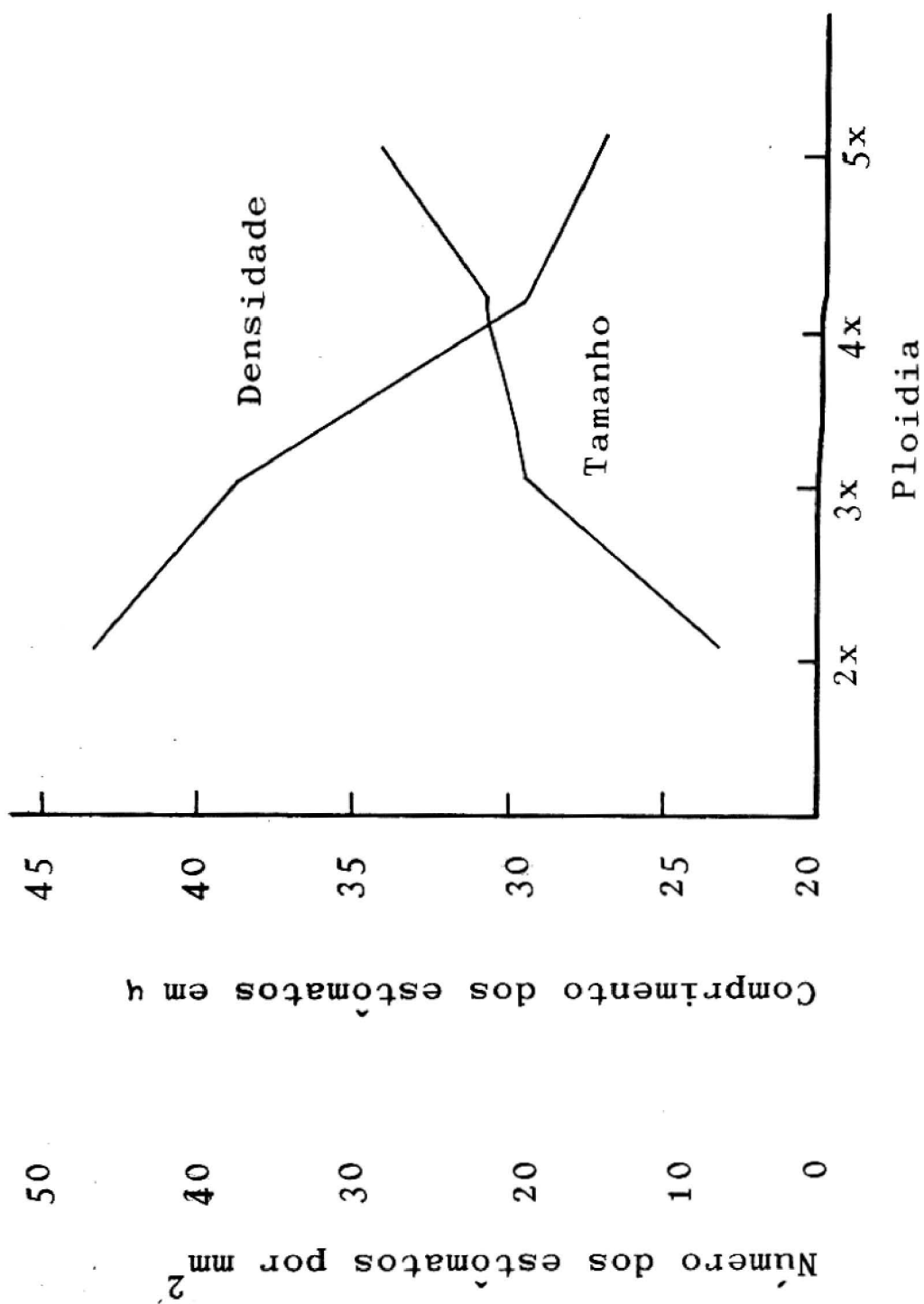


FIG. 7 - Relação entre caracteres do estômato e ploidia em Musa.

A colchicina induziu esterilidade feminina, detectada em plantas diplóides tratadas, sendo a maioria das plantas tetraplóides estéreis. O tratamento dos "seedlings" com colchicina também deu origem a irregularidades na mitose; muitos desses "seedlings" tetraplóides revertiram para diplóides com o crescimento das plantas.

6. MELHORAMENTO GENÉTICO DA BANANEIRA

No Brasil, o uso de cultivares tradicionais, associado ao manejo inadequado dos bananais, tem provocado o aumento da incidência de doenças e pragas. Além do mal-do-panamá, sigatoka amarela, moko, nematóides e broca, que dificultam o cultivo da bananeira, existe ainda a ameaça de introdução da sigatoka negra que pode causar sérios prejuízos à bananicultura nacional. No entanto, existe a possibilidade de obtenção de híbridos que reúnam características de resistência às pragas e doenças, associadas a um porte adequado e boa ceitação comercial, mediante o melhoramento genético.

Segundo ROWE (1985), o fitomelhoramento da bananeira foi iniciado em 1922 no Colégio Imperial de Agricultura Tropical, em Trinidad, e em 1924 na Jamaica. Em 1947 estes dois programas se converteram em um projeto cooperativo: os estudos botânicos fundamentais eram realizados em Trinid, enquanto que as operações práticas de fitomelhoramento eram executadas na Jamaica. Após 1960, esse esquema de fitomelhoramento teve continuidade apenas na Jamaica.

SIMMONDS (1973), SHEPHERD (1974) e MENENDEZ & SHEPHERD (1975) registraram os resultados obtidos com estes programas pioneiros, os quais proporcionaram conhecimentos básicos para o fitomelhoramento da bananeira. De LANGHE (1969) fez uma descrição de esforços envidados para o melhoramento de "plátanos" na África e apresentou uma revisão geral da literatura relacionada com o melhoramento genético de *Musa* spp.

Após uma breve tentativa de melhorar as bananeiras nos anos 30, a United Fruit Company começou um programa de melhoramento do cultivo em Honduras, em 1959. ROWE & RICHARDSON (1975) relataram os progressos deste programa, desde o seu início até 1975. Atualmente, o programa está sob a coordenação da Fundación Hondurenã de Investigación Agrícola (FHIA).

Em novembro de 1982, no CNPMF-EMBRAPA, o Brasil iniciou um programa de melhoramento genético da bananeira. Os principais avanços obtidos durante o desenrolar do programa serão abordados nesta apresentação.

Mais recentemente, o governo francês também criou o seu programa de melhoramento, em execução nas Antilhas Francesas (Guadalupe e Martinica), mantendo importante convênio cooperativo com os trabalhos desenvolvidos no Brasil. Em Cuba também estão sendo desenvolvidos trabalhos objetivando o melhoramento de *Musa* spp. Um programa mais novo vem sendo implementado pelo International Institute of Tropical Agriculture (IITA), na Nigéria, com ênfase nos genótipos do subgrupo Terra. Em síntese, cinco programas estão atualmente empenhados na geração de novas tecnologias, aperfeiçoamento e síntese de novos genótipos: programas hondurenho, brasileiro, cubano, francês e nigeriano.

6.1. CONSERVAÇÃO, CARACTERIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DE GERMOPLASMA

O pré-requisito básico dos programas de pesquisa objetivando produzir novas cultivares tem sido a formação, caracterização e avaliação de amplas coleções de germoplasma. Na utilização desse germoplasma, o aumento da variabilidade desejada ou a eliminação da variabilidade indesejada são etapas de real importância para o esquema de melhoramento genético pretendido. De modo geral, quando essa variabilidade é bem adequada ao trabalho do melhorista, não há justificativa para se proceder a indução de mutações.

A extensa coleção de introduções de banana formada pela United Fruit Company, em 1959, constituiu a base do programa de fitomelhoramento em Honduras. Foram obtidos aproximadamente 850 acessos (com mais de 200 diplóides), oriundos principalmente das Filipinas, Malásia, Indonésia e Nova Guiné (ROWE, 1985).

Uma preocupação imprescindível na coleta de germoplasma do exterior é evitar a introdução de novas doenças e/ou pragas, efetuando-se o cultivo de meristemas *in vitro* antes ou depois da chegada das mudas na estação de quarentena. A maior ameaça dessas introduções é o vírus do bunchy top que ocorre nas Índias, Filipinas e

possivelmente na Indonésia. Deve ser ressaltado que mesmo com o cultivo *in vitro*, ainda existe a possibilidade de permanência do vírus nas plântulas.

A principal coleção de germoplasma de banana (Banco Ativo de Germoplasma - BAG), no Brasil, está instalada no CNPMF-EMBRAPA, tendo sido enriquecida e ampliada nos últimos anos mediante coletas a nível nacional e internacional: Índia, Filipinas, Nova Guiné e Havaí - 1982; Venezuela e Equador - 1983; Martinica, Guadalupe, Tailândia, Malásia e Indonésia - 1985. Esse BAG conta, atualmente, com cerca de 280 acessos, incluindo espécies e subespécies silvestres, variedades, cultivares e híbridos que estão sendo mantidos sob condições de campo. Todo o germoplasma foi devidamente classificado quanto ao grupamento genômico, sendo que 232 acessos já foram caracterizados e avaliados quanto aos seus aspectos botânicos, morfológicos, genéticos, citogenéticos e agrônômicos, utilizando-se uma lista de descritores estabelecida pelo CNPMF, continuamente testada e discutida, visando-se o intercâmbio de informações a nível nacional e internacional. A aplicação desses descritores para a caracterização de cultivares de banana permitiu a identificação de genótipos diplóides superiores (espécies selvagens, híbridos ou cultivares) incorporados ao programa de melhoramento e de variedades promissoras que estão sendo oficialmente recomendadas aos produtores ('Pacovan', 'Prata Anã', 'Mysore', 'Thap Maeo', do grupo AAB, e 'Yangambi', do grupo AAA) ou que ainda estão em estudo, com grande potencial para novas recomendações ('Nam' do grupo AAA). Conclui-se, portanto, que estas avaliações são de fundamental importância, sendo que no momento atual estas atividades são tão relevantes para o CNPMF quanto a geração e avaliação de novos híbridos.

Na bananeira, a variabilidade genética importante localiza-se entre as diversas formas selvagens da espécie *M. acuminata* e nas cultivares do grupo AA. A espécie abrange sete subespécies, algumas ainda não bem definidas e cada uma com a sua própria distribuição na Ásia e até mesmo na Oceania. As diferenças morfológicas são tão acentuadas que, se não fosse a facilidade de se obter híbridos férteis entre estas subespécies, seria possível classificá-las como espécies distintas. As cultivares AA também apresentam uma grande diversidade

morfológica, muitas mostrando-se estéreis ou pouco férteis (SHEPHERD et alii, 1986).

Para as finalidades imediatas de melhoramento, a variabilidade diplóide realmente parece ser adequada. Em aspectos morfológicos, existem variações no porte, no vigor de perfilhamento, no número de pencas por cacho e no tamanho dos frutos. Quanto às doenças, cujo controle é um dos objetivos principais dos programas de melhoramento, dentre as informações publicadas por Honduras (ROWE & RICHARDSON, 1975), têm-se identificado fontes de resistência genética às seguintes doenças e pragas: a três raças do mal-do-panamá (*Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* (E.F. Smith)(Snyder & Hansen)), ao mal de sigatoka ou sigatoka amarela (*Mycosphaerella musicola* Leach), à sigatoka negra (*M. fijiensis* Morelet var. *difformis* Mulder & Stover) e ao nematóide cavernícola (*Radhopolus similis* Cobb). Não se conhecem avaliações confiáveis sobre resistência ou tolerância à broca (*Cosmopolites sordidus* Germar) entre diplóides, porém são claras as variações relativas ao nível de ataque no campo. Também são poucas as avaliações de reação das formas diplóides ao moko (*Pseudomonas solanacearum* Smith raça 2), embora se saiba que a cultivar Pelipita, do grupo ABB, é resistente (STOVER & RICHARDSON, 1968).

Considera-se que de todas as doenças que afetam a bananeira, a mais séria no momento é a sigatoka negra. Essa doença devastadora, de evolução relativamente recente, já se encontra bem disseminada na América Latina, inclusive na Colômbia. Sua chegada ao Brasil parece inevitável a curto ou a médio prazos e, devido ao custo muito elevado de controle, torna-se-á quase impossível a utilização das cultivares dos grupos AAA e AAB existentes, pelo menos nas regiões tropicais do país. Deve ser ressaltado, entretanto, que nos três grupos triplóides conhecidos (AAA, AAB e ABB), existem cultivares resistentes, sendo que no grupo ABB a resistência é mais generalizada.

6.2. MELHORAMENTO POR HIBRIDAÇÃO

A indução de mutações, o uso da engenharia genética e a hibridação convencional são técnicas de possível aplicação em bananeira. Atualmente, entretanto, somente a hibridação tem se mostrado eficaz no melhoramento da bananeira.

Obviamente, face à esterilidade feminina das bananeiras comestíveis, não basta apenas existir a variabilidade genética básica. Também têm que existir opções de hibridação para o aproveitamento dessa variabilidade na geração de novas cultivares, com características melhoradas. Felizmente, a experiência tem mostrado que a esterilidade feminina das cultivares existentes não é normalmente absoluta. A maioria, em todos os níveis de ploidia, é capaz de produzir sementes em polinizações controladas, com maior ou menor frequência. Essa produção é geralmente mais evidenciada após fertilizações com pólen haplóide A, originário de formas selvagens, cultivares e híbridos de constituição AA.

A ausência de sementes em cultivos comerciais é uma consequência da inexistência de pólen potente ou, talvez, de polinizadores naturais eficientes. As cultivares que se apresentam sem sementes quando polinizadas, ou que as produzem em quantidades pequenas, podem ser tanto diplóides quanto triplóides. Sem dúvida, a ausência total de sementes está relacionada à intensa seleção humana contra a presença de sementes, e o estado triplóide por si só, provavelmente, não é a causa mais importante da esterilidade feminina em bananeiras cultivadas (SHEPHERD et alii, 1986).

Existem três situações principais quanto à origem de megásporos em banana, com um curso subsequente comum do desenvolvimento de um saco embrionário octo-nucleado. Acredita-se que a meiose é o acontecimento predominante em todos os casos, seja em espécies selvagens, híbridos ou cultivares. Os outros padrões importantes de comportamento são a produção de megásporos e sacos embrionários com o número cromossômico maternal, ou a produção de megásporos e sacos embrionários com número cromossômico maternal duplicado (dupla restituição). Esses dois últimos padrões são consequência da não redução dos cromossomos na meiose, podendo ocorrer em diplóides, sendo, porém, mais frequentes em triplóides e pouco comuns em tetraplóides.

A fertilização de sacos embrionários com número cromossômico maternal duplicado pode conduzir a sementes viáveis, mas não a plantas úteis. A fertilização de sacos não reduzidos diplóides ou triplóides favorece a obtenção de resultados desejáveis em programas de hibridação, visando novos genótipos triplóides ou tetraplóides, seja

diretamente ou por cruzamentos secundários posteriores. Podem ser considerados quatro classes de hibridação, a saber:

- 1) Triplóides resultantes de cruzamento de diplóides com diplóides, com a recombinação originária apenas do parental diplóide masculino. As sementes obtidas a partir de parentais femininos AA, com o pólen A, normalmente contêm embriões que são novamente diplóides, originando-se de células-ovo com apenas 11 dos 22 cromossomos maternos. Excepcionalmente, as células-ovo podem ser dotadas de todos os 22 cromossomos maternos ou até desse número duplicado, que após serem fertilizados por pólen haplóide geram embriões triplóides e pentaplóides, respectivamente. Teoricamente, existem as mesmas alternativas a partir de plantas AB, sejam cultivares existentes ou híbridos sintetizados. Foi dessa maneira que as cultivares triplóides supostamente evoluíram, sendo esta a principal opção para a produção artificial de novas cultivares triplóides.

- 2) Tetraplóides resultantes de cruzamentos de triplóides com diplóides, com a recombinação originária apenas do parental diplóide masculino. Uma cultivar triplóide com um pouco de fertilidade feminina pode produzir embriões e híbridos possuindo entre 22 e 33 cromossomos em função da meiose desequilibrada (sacos embrionários com 11 e 22 cromossomos, mais 11 cromossomos do pólen haplóide), bem como embriões e híbridos com 44 cromossomos (33 mais 11) ou 77 cromossomos (duas vezes 33, mais 11). Na prática, entretanto, são os híbridos tetraplóides com 44 cromossomos que têm potencial para serem utilizados como cultivares comerciais e que representam a segunda opção de melhoramento por hibridação. É importante ressaltar que o pólen contribui com apenas um quarto do novo genótipo, em cada fertilização deste tipo, portanto é basicamente um processo de implantação de características adicionais, sem provocar outras grandes alterações. Assim, o híbrido tetraplóide sempre apresenta as características do parental feminino triplóide, inclusive aquelas relacionadas ao paladar do fruto.

- 3) Tetraplóides resultantes de cruzamentos entre tetraplóides, com segregação nos dois parentais. As bananeiras tetraplóides, sejam espontâneas ou sintetizadas, possuem número par de múltiplos de 11 cromossomos e, teoricamente, deveriam ser mais férteis que os

triplóides. O pólen diplóide dos tetraplóides, entretanto, apresenta uma potência bem reduzida, que raramente permite a autofertilização ou a fertilização de outros tetraplóides. Os tubos polínicos em estiletos de plantas diplóides e tetraplóides são em pequeno número e de crescimento muito lento, em relação aos tubos desenvolvidos por pólen haplóide. Em função disso, a produção de tetraplóides secundários é dificilmente praticável, devido à baixíssima produção de sementes.

- 4) Triplóides resultantes de cruzamentos entre tetraplóides e diplóides, também com segregação nos dois parentais. Utilizando-se o pólen A de diplóides, é freqüentemente possível obter bons rendimentos de sementes e, conseqüentemente, híbridos secundários triplóides.

A seguir, serão discutidos os procedimentos mais comumente utilizados pelo melhoramento, considerando-se os mecanismos que conduzem a genótipos triplóides inteiramente novos (primeira e quarta classes de hibridação mencionadas), bem como os que modificam os triplóides existentes (segunda classe de hibridação). Aspecto de fundamental importância para as três classes de produção de híbridos poliplóides mencionadas refere-se ao melhoramento do nível diplóide, conforme comentários que se seguem.

6.2.1. MELHORAMENTO AO NÍVEL DIPLÓIDE

Os resultados de um programa de melhoramento, independentemente dos seus objetivos (produção de triplóides ou tetraplóides), dependem basicamente da qualidade dos parentais diplóides utilizados na geração dos híbridos desejáveis, por seu papel fundamental na incorporação de características de valor agrônomo. Na prática, o germoplasma diplóide básico consiste de formas selvagens e cultivares férteis do grupo AA, abrangendo uma variabilidade útil muito grande, suficiente para satisfazer todos os objetivos atuais de melhoramento. O germoplasma AA deverá contribuir com resistências às diversas doenças e com outras características favoráveis. Em relação às resistências já reconhecidas, pode-se citar a de *M. acuminata* ssp. *burmannica* às sigatokas amarela e negra; a resistência de várias subespécies à raça 1 e/ou 2 do mal-do-panamá e da cultivar AA Pisang Lidi à raça 1; e a resistência da cultivar AA Pisang Jari Buaya ao

nematóide **Radopholus similis** (ROWE & RICHARDSON, 1975). A **M. balbisiana**, embora apresente resistência a diversas doenças e pragas e esteja distribuída numa grande área da Ásia e das ilhas próximas, é pouco variável em vários caracteres, inclusive na forma e no tamanho dos frutos. Além disso, não são conhecidas cultivares ou outras formas diplóides parternocárpicas desta espécie.

As características desejáveis de **M. acuminata**, entretanto, não se encontram juntas num mesmo indivíduo, mas distribuídas entre muitos acessos básicos diplóides e, portanto, em qualquer programa de melhoramento convencional torna-se necessário um projeto adicional de hibridação, seleção e recombinação ao nível diplóide, envolvendo subespécies de **M. acuminata** e suas cultivares. O objetivo do melhoramento do germoplasma AA é concentrar, em um mesmo genótipo, o maior número de características desejáveis, tais como partenocarpia, bom número de pencas, dedos compridos, cachos bem formados, resistência a pragas, doenças e nematóides.

Apesar do germoplasma AA ser o mais acessível ao melhoramento genético da bananeira, também deve-se considerar outras espécies das seções (Eu-)Musa e **Rhodochlamys**, de afinidade mais próxima a **M. acuminata**, que poderiam doar genes para esta espécie por meio de uma série de retrocruzamentos a partir dos híbridos F₁. As outras espécies a serem consideradas são: Seção (Eu-)Musa: **M. flaviflora** Simmonds; **M. halabanensis** Meijer; **M. ochracea** Shepherd e **M. schizocarpa** Simmonds. Seção **Rhodochlamys**: **M. laterita** Cheesman; **M. ornata** Roxburgh e **M. velutina** Wendl. & Drude.

Algumas das introduções diplóides possuem flores hermafroditas e masculinas, o que torna necessário o processo de emasculação para controlar a polinização cruzada. Não obstante, a maioria das bananeiras e todos os diplóides comprovadamente úteis ao melhoramento possuem flores masculinas e femininas. As flores femininas se formam primeiro na inflorescência e são seguidas no mesmo eixo pelas flores masculinas. À medida em que o fruto se desenvolve, o eixo continua crescendo, com uma produção constante de flores masculinas, por aproximadamente três meses. A cada dia, levantam-se de uma a três brácteas decíduas, que cobrem o conjunto de flores, sendo o momento mais efetivo para a polinização o período da manhã, em que as flores masculinas e femininas são expostas (SHEPHERD, 1954 e 1960; ROWE, 1985).

O melhoramento efetua-se pela produção de gerações sucessivas de híbridos diplóides e pela seleção contínua dos melhores genótipos resultantes de todos os cruzamentos colocados em campo. Devem ser realizados vários tipos de cruzamentos, envolvendo espécies selvagens, cultivares e híbridos, visando a obtenção de parentais masculinos melhorados, os quais são utilizados no melhoramento de triplóides ou tetraplóides. Na prática, é importante que se disponha de acessos diplóides básicos com boa capacidade de combinação. Existe um bom exemplo dessa capacidade em determinados acessos de *M. acuminata* ssp. *banksii*, dotados de frutos maiores que os de outras formas selvagens e que podem incorporar as resistências destas e outras características desejáveis em híbridos simples, sem perda marcante do tamanho dos frutos.

Com relação ao programa de melhoramento da Jamaica, dois tetraplóides liberados antes de 1970, 'IC2' e 'Bodles Altafort', procederam respectivamente de *M. acuminata* ssp. *zebrina* e 'Pisang Lidi', cruzados em 'Gros Michel'. O IC2 foi obtido por polinização livre, enquanto que o 'Bodles Altafort' foi sintetizado via polinização controlada. Quanto ao programa de Honduras, os mais importantes parentais masculinos diplóides utilizados são o SH 2095, SH 2989 e SH 3142. O SH 2095 possui melhores características agrônômicas (cachos grandes e dedos compridos), mas é suscetível à sigatoka negra e à raça 4 do mal-do-panamá, enquanto que o SH 2989 é fonte de alta resistência à sigatoka negra, derivada da subespécie *burmannica*.

Ainda que o programa de Honduras tenha produzido muito diplóides excelentes, só recentemente liberou o primeiro tetraplóide (SH 3436), derivado do cruzamento Highgate x SH 3142. Este híbrido está disponível aos produtores, constatando-se ser resistente à raça 4 do mal-do-panamá em Queensland, Taiwan e África do Sul (STOVER & BUDDENHAGEN, 1986). Atualmente, estão sendo recomendados os híbridos 4x FHIA-01, FHIA-02 e FHIA-03, dos grupos genômicos AAAB, AAAB e AABB, respectivamente. O primeiro, FHIA-01, é um híbrido da 'Prata Anã' com grande potencial para ser incorporado aos sistemas de produção do Brasil.

O projeto brasileiro de produção e avaliação de híbridos diplóides foi iniciado em 1983 no CNPMF-EMBRAPA, em Cruz das Almas-BA. Em sua fase inicial (1983-87), o programa dispunha

basicamente da espécie selvagem *M. acuminata* (ssp. *banksii*, *burmannica*, *malaccensis*, *microcarpa* e *zebrina*), bem como de algumas cultivares (AA), como Heva, Lidi, Madu, Sinwobogi, Tjau Lagada, Tuu Gia, entre outras. Visando a obtenção de indivíduos agronomicamente superiores, esses acessos foram intercruzados entre si, resultando, ao longo das avaliações efetuadas nas descendências recombinantes, na seleção de híbridos melhorados, descritos na Tabela 3. Paralelamente a esses trabalhos, a introdução de híbridos partenocárpicos de destacado valor, obtidos em outros programas de melhoramento, tem sido de fundamental importância. Dentre essas introduções vale mencionar os híbridos M-48, M-53 e M-61, provenientes da Jamaica, via Equador (Tabela 3).

Desde seu início o programa produziu 8893 híbridos diplóides oriundos de parentais variados (espécies selvagens, híbridos selvagens e partenocárpicos, cultivares diplóides e triplóides) (Tabela 4), dos quais 195 foram selecionados a partir de avaliações preliminares (covas únicas). Observações posteriores (clonais), realizadas nesse grupo de genótipos, permitiram até o momento a identificação de 26 híbridos promissores, utilizados na produção de híbridos tetraplóides a partir de cultivares triplóides.

Segundo um processo dinâmico, os híbridos diplóides superiores, obtidos ou introduzidos, são intercruzados buscando-se novos progressos. Híbridos superiores como o M-53, por exemplo, importante pelas características de boa produtividade e qualidade de frutos, tem sido hibridado com 2803-01 (Tabela 3), visando associar às suas características desejáveis o porte baixo e resistência à sigatoka negra presentes neste último.

6.2.2. PRODUÇÃO DE TRIPLÓIDES A PARTIR DE DIPLÓIDES E DE CRUZAMENTOS TETRAPLÓIDE X DIPLÓIDE

Os triplóides compreendem as principais cultivares de banana atualmente em uso. Os estudos em torno da produção de novas cultivares 3x, a partir de estoques diplóides, entretanto, têm sido efetuados em escala reduzida, embora seja o modo suposto de evolução das cultivares triplóides existentes. Para a execução destes estudos, depende-se inicialmente da identificação de diplóides com produção substancial de sa-

TABELA 3 - Algumas características dos principais genótipos diplóides (AA) utilizados no programa de melhoramento genético da bananeira em execução no Brasil. CNPMP/EMBRAPA, 1993.

| Genótipos ¹ | Características | | | | | | | | | |
|------------------------|-----------------|---------------|---------|---------------------|------------------------|-------------------------------------|---------------------|-------------------|--|--|
| | Aspectos gerais | | | | | Resistência às doenças ² | | | | |
| | Porte | Perfilhamento | Vigor | Nº frutos/ cacho | Comp. de dedos (cm) | Mal-do- panamá | Sigatoka amarela | Sigatoka negra | | |
| Calcutta | Baixo | Bom | Bom | 120 | 8 | R | R | R | | |
| Madang | Alto | Fraco | Regular | 130 | 12 | R | MR | ? | | |
| Malaccensis | Médio | Bom | Bom | 170 | ? | ? | R | ? | | |
| Lidi | Baixo | Bom | Bom | 90 | 11 | R | R | MR | | |
| Sinwobogi | Médio | Fraco | Regular | 100 | ? | ? | S | ? | | |
| Tjau Lagada | Alto | Bom | Bom | 180 | 9 | R | S | MR | | |
| Tuu Gia | Médio | Bom | Bom | 70 | 18 | R | R | R | | |
| Heva | Médio | Fraco | Bom | 60 | 17 | S | MR | MR | | |
| M-48 | Alto | Bom | Bom | 140 | 18 | R | R | MR | | |
| M-53 | Alto | Bom | Bom | 170 | 16 | R | R | MR | | |
| M-61 | Médio | Fraco | Bom | 190 | 16 | R | R | ? | | |
| 0337-01 | Médio | Fraco | Bom | 100 | 13 | ? | R | RP | | |
| 1304-06 | Alto | Regular | Bom | 160 | 13 | ? | R | ? | | |
| 1503-01 | Médio | Regular | Bom | 170 | 12 | ? | R | ? | | |
| 2803-01 | Baixo | Regular | Bom | 90 | 14 | RP | R | RP | | |
| 0338-02 | Médio | Regular | Regular | 120 | 12 | ? | R | RP | | |
| 1318-01 | Médio | Regular | Bom | 130 | 13 | MR | R | ? | | |
| 1319-01 | Alto | Bom | Bom | 280 | 11 | R | R | ? | | |

¹ 03 - 'Calcutta'(Musa acuminata ssp. burmannica); 04 - 'Madang'(M. acuminata ssp. banksii); 13 - 'Malaccensis'(M. acuminata ssp. malaccensis); 15 - 'Madu'; 18 - 'Sinwobogi'; 19 - 'Tjau Lagada'; 28 - 'Tuu Gia'; 37 - 'Galeo'; 38 - 'Heva'.

² S - suscetível; MR - moderadamente resistente; RP - resistência provável; R - resistente.

TABELA 4 - Número de híbridos diplóides obtidos a partir de diversos tipos de cruzamentos, plantados no período 1983/91. CNPMF/EMBRAPA, 1993.

| Datas | Tipos de cruzamentos ¹ | | | | | | | | Total | | | | | |
|--------------|-----------------------------------|-------------|-------------|------------|-------------|-----------|---------|---------|-------|---------|---------|----------|---------|-------------|
| | ES x ES | HS x HS | ES x HP | HS x HP | HP x HP | AAA x AA | ES x HS | ES x CV | | HS x CV | HP x CV | AAB x AA | CV x HS | CV x HP |
| 1983/1988 | 593 | 358 | 2721 | 177 | 1392 | 70 | | | | | | | | 5311 |
| 1989 | 112 | 301 | 0 | 37 | 616 | 0 | | | | | | | | 1066 |
| 1990 | 0 | 480 | 0 | 637 | 667 | 0 | | | | | | | | 1784 |
| 1991 | 0 | 0 | 0 | 0 | 732 | 0 | | | | | | | | 732 |
| Total | 705 | 1139 | 2721 | 851 | 3407 | 70 | | | | | | | | 8893 |

¹ES - espécie selvagem; HS - híbrido selvagem; HP - híbrido partenocárpico; CV - cultivar; AAA - triploide AAA; AAB - triploide AAB; AA - diplóide AA.

cos embrionários não reduzidos e viáveis, que também apresentem algumas das qualidades de uma boa cultivar. Essas qualidades são necessárias, visto que o diplóide contribuirá com dois terços do genótipo de cada triplóide produzido.

Em termos da produção de novos triplóides, deve-se considerar separadamente a produção de triplóides AAA, já que os problemas e as perspectivas são distintos.

Produção de triplóides AAA a partir de diplóides AA:

Apesar da existência de muitas cultivares antigas do grupo AAA, a literatura mostra pouca evidência experimental da produção dessas cultivares. Dentre cultivares e híbridos partenocárpicos de constituição AA, a produção de embriões triplóides é acontecimento incomum, embora na Jamaica tenham ocorrido alguns casos de cruzamentos dentro do grupo AA, em que houve uma proporção de híbridos triplóides, envolvendo híbridos entre *M. acuminata* ssp. *banksii* e a cultivar Paka (SHEPHERD, 1976), com cachos bem superiores aos diplóides, porém sem nenhum valor comercial. Por outro lado, em muitos outros cruzamentos entre genótipos AA não apareceu nenhum triplóide. DODDS (1943) relatou que em cruzamentos de várias cultivares AA, apenas dois híbridos obtidos a partir do parental feminino 'Lidi', com pólen de *M. acuminata* ssp. *malaccensis*, foram triplóides.

Em síntese, a produção de genótipos triplóides AAA via cruzamentos entre diplóides apresenta duas desvantagens principais e, conseqüentemente, a metodologia não oferece boas expectativas para a produção de cultivares do grupo AAA. Essas desvantagens são:

1) Existem poucos diplóides AA capazes de gerar embriões triplóides, o que implica em sérias limitações na variabilidade utilizável;

2) De modo geral, o pequeno número de plântulas triplóides produzido ocorre simultaneamente com um grande número de diplóides, tornando necessária a discriminação entre plântulas de níveis de ploidia diferentes.

Produção de triplóides AAB a partir de diplóides AB:

As cultivares existentes dos grupos AAB e ABB, supostamente

evoluíram por meio da fertilização de óvulos de híbridos AB por pólen A e B, respectivamente. Entretanto, segundo DODDS (1945), DODDS & PITTENDRIGH (1946) e DODDS & SIMMONDS (1946), de um total de dez híbridos AB estudados todos mostraram-se altamente estéreis, incapazes de produzir esporos haplóides (pólen ou sacos embrionários), em função da falta de pareamento completo dos cromossomos na meiose. Não obstante, alguns híbridos produziram esporos não reduzidos, na maioria dos quais ocorreu uma duplicação dos cromossomos, porém o pólen tetraplóide observado nos estádios jovens não funcionou. Os sacos embrionários não reduzidos foram raramente viáveis, com a recuperação de poucas sementes. As plântulas germinadas foram geralmente pentaplóides, pela adição de um núcleo haplóide do pólen à célula-ovo tetraplóide.

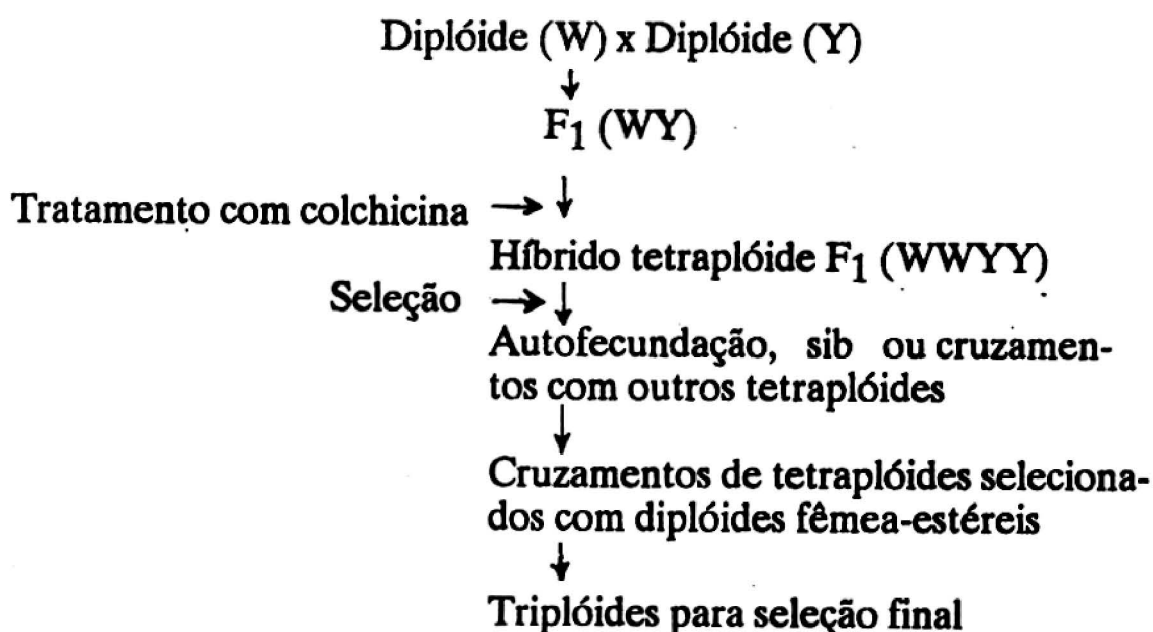
Houve apenas uma exceção em Trinidad, onde um híbrido AB produziu muitas sementes, quando se utilizou o pólen das espécies parentais. As numerosas plantas obtidas a partir dessas sementes, bem como as poucas recuperadas dos outros parentais AB, foram uma mistura de triplóides e pentaplóides. Nenhum dos parentais produziu qualquer planta retrocruzada diplóide.

Em função dessa exceção, considerou-se oportuno desenvolver um projeto no programa de melhoramento brasileiro executado pelo CNPMF-EMBRAPA, objetivando fazer um novo e mais amplo levantamento da fertilidade feminina de híbridos AB e identificar os híbridos AB capazes de produzir numerosos triplóides AAB. Esperava-se encontrar híbridos AB com produção elevada de sementes e que as plantas germinadas se constituíssem apenas de mistura de triplóides e pentaplóides, facilmente discrimináveis com base em seus aspectos morfológicos distintos (SHEPHERD et alii, 1986). Entretanto, os híbridos AB sintetizados no CNPMF não confirmaram tais expectativas. As causas não foram a falta de sementes nos híbridos estudados, nem o seu baixo poder germinativo. O entrave foi devido ao fato de que muitos híbridos AB apresentavam uma alta acapacidade de produzir diplóides e aneuplóides por retrocruzamentos. Foram comumente observadas plântulas pentaplóides, mas as triplóides foram raras. Apenas duas exceções mostraram o comportamento desejado (mistura de triplóides e pentaplóides), sendo que a mais promissora foi um híbrido da cultivar Figo, cujas sementes viáveis sempre incluem uma pequena proporção de diplóides, após a polinização com o pólen A.

As vantagens de produção de novos genótipos AAB por meio de fertilizações AB + A são as seguintes: 1) enquanto os parentais femininos AB permitirem a recuperação de 15 ou mais plantas triplóides por cacho polinizado, o custo unitário dessas plantas será relativamente baixo; 2) pelo uso de poucos parentais femininos constantes, contribuindo com todos os seus cromossomos para a formação dos híbridos, a variabilidade liberada será principalmente limitada à contribuição do pólen A, o que possibilitará o uso mais efetivo do espaço disponível no campo; 3) a metodologia permitirá a utilização de germoplasma AA melhorado em dois passos sucessivos, sendo isto bastante vantajoso, considerando-se que a espécie *M. balbisiana* apresenta pouca variabilidade útil.

A principal desvantagem do método é que quaisquer que sejam as características favoráveis de uma cultivar AAB assim sintetizada, em termos de produtividade e de resistência a pragas e doenças, o paladar dos seus frutos pode ser pouco parecido ao das cultivares atuais do grupo, já plenamente aceitas pelo mercado consumidor (SHEPHERD et alii, 1986).

Um caminho alternativo para a produção de triplóides, apesar de trabalhoso mesmo com o apoio de técnicas de cultura de tecidos, seria obter a duplicação de cromossomos dos genótipos promissores de tipo AA ou AB, pelo tratamento com colchicina e, posteriormente, efetuar cruzamentos tetraplóide x diplóide:



Esse esquema de melhoramento foi proposto por VAKILI (1967), após comprovar que a tetraploidia em *M. acuminata* e *M. balbisiana* podia ser induzida facilmente com o uso da colchicina, porém nunca foi posto em prática.

Outra forma de obtenção de triplóides seria por meio do cruzamento de tetraplóides com diplóides, considerada por alguns melhoristas como última etapa de um programa de melhoramento. No caso do subgrupo Gros Michel, muitos híbridos tetraplóides (AAAA) já foram gerados na Jamaica e em Honduras, tendo alguns sido experimentados como parentais de uma geração triplóide.

Considerando que neste processo de obtenção de triplóides ocorre segregação nos dois parentais (tetraplóides e diplóides), ROWE & RICHARDSON (1975) sugeriram que a ampla variabilidade liberada é um grande benefício ao melhorista. Entretanto, Shepherd⁴ considera como desvantagem a ampla variabilidade liberada pelos cruzamentos $4x \times 2x$, haja vista que torna-se necessário um grande número de plantas para que seja efetuada uma seleção útil. Uma outra vantagem do método consiste na utilização de germoplasma diplóide selecionado em duas etapas sucessivas ($3x \times 2x$ $4x$ e $4x \times 2x$ $3x$). Os triplóides resultantes teriam também a vantagem adicional da auto-esterilidade, em contraste com os tetraplóides, que apresentam a possibilidade teórica de autofecundação (ROWE, 1985).

Para o programa brasileiro seriam mais interessante os triplóides AAB, produtos de cruzamentos entre AABB e AA. Alguns poucos híbridos tetraplóides já foram produzidos no CNPMF a partir de cruzamentos envolvendo as cultivares Figo ou Bluggoe com *M. acuminata*, que poderão ser utilizados para a produção de triplóides secundários. Outra fonte de tetraplóides AABB a ser explorada seria aquela baseada em polinizações da 'Pisang Awak', cultivar do grupo AAB que produz muitas sementes. Infelizmente, os novos acessos do tipo Awak recebidos do exterior têm 34 cromossomos e, independentemente deste fato, são relativamente estéreis.

⁴SHEPHERD, K. (EMBRAPA/CNPMF). Comunicação pessoal. 1992.

6.2.3. PRODUÇÃO DE TETRAPLÓIDES A PARTIR DE TRIPLÓIDES

Esta tem sido a metodologia básica aplicada desde o início dos trabalhos de melhoramento genético de banana, embora até recentemente tenha sido restrita à produção de híbridos tetraplóides a partir de triplóides AAA do subgrupo Gros Michel, polinizados por pólen A. A aplicação a outras cultivares ou subgrupos é dependente da capacidade destas em produzir sementes após polinização apropriada, do poder germinativo das sementes e da presença de tetraplóides dentre os híbridos recuperados.

Na produção de tetraplóides, a partir de triplóides, pode-se atingir os seguintes objetivos, por meio da utilização de determinados pólenes A:

- resistência à sigatoka negra (para todas as cultivares importantes dos grupos AAA e AAB);
- resistência ao mal-de-sigatoka ou sigatoka-amarela (subgrupo Gros Michel, subgrupo Cavendish, subgrupo Prata e 'Prata Anã');
- resistência à raça 2 do mal-do-panamá (subgrupo Gros Michel, já que seus híbridos tetraplóides podem ser suscetíveis; 'Maçã', subgrupo Figo e outros casos possíveis);
- resistência a nematóides (mais relevante em relação aos subgrupos Cavendish, Terra e Figo);
- resistência à broca (subgrupo Terra);
- porte baixo ('Maçã', 'Mysore', subgrupos Prata e Terra);
- curto ciclo de produção (subgrupo Gros Michel e cultivares do grupo AAB);
- maior número de pencas ('Maçã', 'Prata Anã' e subgrupo Prata);
- maiores frutos ('Maçã', 'Mysore', 'Prata Anã', subgrupo Prata).

A produção artificial de híbridos tetraplóides e heptaplóides (quatro a sete múltiplos de $x = 11$, respectivamente) a partir de triplóides foi efetuada há mais de 50 anos, em Trinidad, verificando-se três alternativas principais no comportamento da célula-mãe do saco embrionário, análogas às verificadas em híbridos AB:

1. Na grande maioria dos óvulos ocorre uma meiose desequilibrada, comum em triplóides de qualquer espécie. Os esporos resultantes são raramente viáveis, produzindo sacos embrionários funcionais haplóides, diplóides ou aneuplóides, com número intermediário de cromossomos;
2. Sem meiose e sem quaisquer alterações nos cromossomos, a célula-mãe desenvolve diretamente um saco triplóide;
3. Sem meiose e com duplicação dos cromossomos, a célula-mãe desenvolve um saco hexaplóide.

Essas alternativas podem originar, após utilização de pólen haplóide, embriões e híbridos que são, respectivamente, diplóides ($2x$), triplóides ($3x$), aneuplóides (entre 23 e 32 cromossomos), tetraplóides ($4x$), e heptaplóides ($7x$). No melhoramento, os híbridos desejáveis são os tetraplóides, que devem possuir o genótipo completo do parental feminino triplóide e, portanto, a maioria de suas características, além de outros genes úteis do parental masculino. Deve ser ressaltado que a produção de tetraplóides é um método para a obtenção de resultados rápidos, desde que haja disponibilidade de germoplasma diplóide apropriado. A seleção adequada do parental diplóide é muito importante, pois ele deve conferir resistência às doenças e modificar favoravelmente outras características da planta.

Os trabalhos mais relevantes sobre a fertilidade de diversos parentais femininos triplóides foram realizados por CHEESMAN & DODDS (1942) e SHEPHERD (1960), constatando-se grandes diferenças de fertilidade entre as cultivares avaliadas, bem como nas proporções de plântulas resultantes dos vários triplóides. Algumas variedades foram quase que totalmente estéreis, tais como as do subgrupo Cavendish (A-AA), enquanto que as mais férteis pertenceram ao grupo ABB. O rendimento de sementes foi geralmente menor com o pólen de *M. balbisiana*, do que com o pólen de *M. acuminata*. A 'Caru Roxa' e a 'Myso-re' se destacaram pela alta proporção de sementes ruins, pouco desenvolvidas ou vazias. Além disso, a baixa frequência de germinação sugeriu que a viabilidade real é bem pequena.

Três cultivares do grupo AAB, importantes no Brasil, há muito tempo já foram avaliadas quanto à produção de sementes, verificando-se

que produzem um número de sementes maior que a 'Gros Michel'. As sementes de 'Prata' germinaram muito bem e as de 'Maçã' e 'Mysore' foram menos viáveis, sendo que foram gerados híbridos tetraplóides a partir de 'Prata' e 'Mysore'. No caso da 'Figo' ou 'Bluggoe' (ABB), as poucas plantas tetraplóides não foram vigorosas.

Sobre a produção de sementes e plântulas pelas cultivares do subgrupo Plantain ou Terra (AAB), não há registros de muitas informações. SHEPHERD (1960) relatou que 81 frutos da "Horn Plantain" (tipo Pacova) e 150 de "French Plantain" (tipo 'Terra'), nos poucos cachos polinizados, não produziram sementes.

Na fase inicial de produção de tetraplóides no CNPMF-EMBRAPA, foram utilizadas como parentais masculinos diplóides as formas selvagens e cultivares disponíveis. Dentre essas cultivares, a mais utilizada foi a Lidi, pela maior potência de seu pólen (SOARES FILHO et alii, 1990). Segundo SHEPHERD et alii (1986), foram polinizadas todas as inflorescências emitidas pelas cultivares triplóides da coleção de germoplasma do CNPMF-EMBRAPA. No grupo AAA foi confirmada a esterilidade do subgrupo Cavendish em experimentos de campo, haja vista que em mais de 100 cachos polinizados não foram produzidas sementes. A cultivar São Tomé, do subgrupo Mutika-Lujugira, grupo AAA, produziu uma média de três sementes aparentemente boas por cacho. A análise posterior do embrião e do endosperma dessas sementes, entretanto, revelou sua baixa qualidade fisiológica e que raramente germinam. A 'Caru Roxa' e a 'Caru Verde' são bem mais férteis, porém a taxa de germinação é muito baixa e nenhum dos híbridos até então obtidos foi tetraplóide.

Os maiores esforços na produção de tetraplóides se concentraram nas cultivares do grupo AAB. No subgrupo Prata e na 'Mysore', observaram-se dois problemas na produção de sementes. O primeiro é uma grande variação estacional: os cachos emitidos nos meses mais quentes, com média de temperatura acima de 31°C, têm proporcionado maior produção de sementes do que os cachos emitidos em outros meses, quando a média de temperatura máxima é menor, atingindo 25°C ou 26°C em pleno inverno de julho a agosto. No subgrupo Prata, o efeito estacional se reflete na classificação dos híbridos resultantes. A grande produção de sementes a partir das emissões nos meses mais quentes, infelizmente, resulta numa alta proporção de plantas heptaplóides indesejáveis, em relação ao que ocorre em consequência das polinizações em

outros meses. O outro problema afeta indistintamente todas as cultivares utilizadas como parentais femininos: o pólen das cultivares AA tem sido muito menos eficiente que o coletado de formas selvagens de *M. acuminata*. Dentre os parentais masculinos selvagens, *M. acuminata* ssp. *burmannica* apresentou o melhor desempenho e, dentre os parentais cultivares, a Pisang Lidi se mostrou superior.

A grande barreira à produção de híbridos tetraplóides a partir da 'Prata Anã' é devida à sua pequena produção de sementes e não ao seu poder germinativo. Nos outros casos, a baixa viabilidade das sementes é o problema mais sério, especialmente em relação à 'Maçã', que não gerou qualquer híbrido tetraplóide útil.

Os híbridos tetraplóides produzidos devem ser avaliados em campo irrigado, por permitir a uniformização das condições de crescimento e desenvolvimento dos cachos. Tanto quanto possível, deverão ser separados em blocos de acordo com o parental feminino, utilizando este parental triploíde como testemunha. No CNPMF, desde outubro de 1983 foram sintetizados cerca de 1050 tetraplóides AAAB (Tabela 5). A maioria é constituída por híbridos do subgrupo Prata, resultantes de um grande número de cachos polinizados e, também, da eficiência relativa da produção de tetraplóides a partir de cultivares deste subgrupo. Foram selecionados 153 híbridos com base em observações preliminares (cova única), sendo boa parte descartada a partir de avaliações clonais. Atualmente, 70 híbridos estão sob avaliação clonal, sendo que a maioria envolve como parental masculino o diplóide partenocárpico M-53. Algumas características dos principais genótipos comerciais promissores (triploídes e tetraplóides) em avaliação são apresentadas na Tabela 6.

Como conseqüência do seu dinamismo, o programa de hibridações tem sido reorientado em função dos resultados gerados. Assim, em sua fase inicial, os diplóides Calcutta (*M. acuminata* ssp. *burmannica*) e 'Lidi' estiveram entre os parentais mais explorados nos cruzamentos com cultivares triploídes. O primeiro foi substituído em razão, principalmente, da má qualidade de frutos (sabor e consistência ruins), associada à baixa produtividade (frutos pequenos e poucas pencas) que geralmente confere às descendências tetraplóides. Quanto ao segundo ('Lidi'), apesar da qualidade de frutos relativamente boa que confere aos híbridos tetraplóides, deixa a desejar no tocante às características de

TABELA 5 - Número de híbridos tetraplóides obtidos a partir de parentais femininos AAB, plantados no período 1983/92. CNPMF/EMBRAPA, 1993.

| Parental feminino | Parental masculino ¹ | Híbridos 4X plantados | | Totais |
|--------------------------------------|---------------------------------|-----------------------|------|--------|
| | | 1983/91 | 1992 | |
| Pacovan | FS | 58 | - | 58 |
| | HS | 29 | - | 29 |
| | CV | 06 | - | 06 |
| | HP | 145 | 1 | 146 |
| | Subtotais | 238 | 1 | 239 |
| Outras Pratas | FS | 344 | - | 344 |
| | HS | 151 | - | 151 |
| | CV | 60 | - | 60 |
| | HP | 134 | - | 134 |
| | Subtotais | 689 | - | 689 |
| Prata Anã | FS | 15 | - | 15 |
| | HS | 02 | - | 02 |
| | CV | 05 | - | 05 |
| | HP | 10 | 10 | 20 |
| Mysore | FS | 30 | - | 30 |
| | HS | 21 | - | 21 |
| | HP | 02 | - | 02 |
| Terrinha | FS | 04 | - | 04 |
| | HS | 02 | - | 02 |
| Outros (KN, MQ, TM, YB) ² | FS | 09 | - | 09 |
| | HS | 07 | - | 07 |
| | HP | 01 | - | 01 |
| Totais | | 1035 | 11 | 1046 |
| Parentais femininos agrupados | FS | 460 | - | 460 |
| | HS | 212 | - | 212 |
| | CV | 71 | - | 71 |
| | HP | 292 | 11 | 303 |
| Totais | | 1035 | 11 | 1046 |

¹ FS - forma selvagem; HS - híbrido selvagem; CV - cultivar; HP - híbrido partenocárpico selecionado.

² KN- Kune; MQ - Maqueño; TM - Tomnam; YB - Yangambi nº 2.

TABELA 6 - Algumas características dos principais genótipos comerciais promissores (triploides e tetraploides) em avaliação no Brasil. CNPMF/EMBRAPA, 1993.

| Genótipos ¹ | Características | | | | | | | |
|------------------------|-----------------|---------------|-----------------|-------------------------|--------------------|-------------------------------------|------------------|----------------|
| | Porte | Perfilhamento | Aspectos gerais | | | Resistência às doenças ² | | |
| | | | Vigor | Peso médio de frutos(g) | Nº de frutos/cacho | Mal-do-panamá | Sigatoka amarela | Sigatoka negra |
| PA03-22 (AAAB) | Baixo/médio | Bom | Bom | 108 | 94 | R | R | RP |
| PA12-03 (AAAB) | Baixo/médio | Ótimo | Ótimo | 149 | 108 | MS | R | ? |
| JV03-15 (AAAB) | Baixo | Regular | Bom | 71 | 87 | MS | R | R |
| PV03-44 (AAAB) | Médio/alto | Ótimo | Bom | 123 | 65 | R | R | R |
| PV03-76 (AAAB) | Alto | Regular | Bom | 135 | 57 | MS | R | R |
| Thap Maco (AAB) | Médio/alto | Bom | Bom | 89 | 156 | R | R | R |
| Yangambi km 5 (AAA) | Médio/alto | Ótimo | Bom | 91 | 137 | R | R | R |
| Nam (AAA) | Médio | Ótimo | Ótimo | 77 | 78 | ? | R | ? |
| Pelipita (ABB) | Alto | Bom | Bom | 144 | 65 | MR | R | R |
| Cacambou Nain (ABB) | Muito baixo | Bom | Bom | 187 | 63 | RP | R | RP |

¹ PA = Prata Anã (AAB); JV = Prata Java (AAB); PV = Pacovan (AAB); 03 - Calcutta (*Musa acuminata* ssp. *burmannica*) (AA); 12 - Lidi (AA). Números após o hífen representam genótipos diferentes do mesmo cruzamento.

²MS - moderadamente suscetível; MR - moderadamente resistente; RP - resistência provável; R - resistente.

produtividade e resistência à sigatoka negra. Em fase imediatamente posterior, com a geração dos primeiros híbridos diplóides do programa, o genótipo de código 0304-01, proveniente do cruzamento entre Calcutta e Madang (*M. acuminata* ssp. *burmannica*), passou a ser bastante empregado na produção de tetraplóides; as combinações híbridas resultantes, no entanto, apresentaram-se geralmente fracas. Mas recentemente, a partir de 1987, houve uma boa intensificação do emprego do acesso diplóide M-53, tendo-se como resultado a produção de tetraplóides promissores por suas características de boa produtividade e qualidade de frutos, porém com defeitos como porte elevado e ciclo de produção relativamente longo, além da possibilidade de serem suscetíveis à sigatoka negra, que ataca o referido diplóide na Costa Rica. Em vista disto, atualmente vêm sendo intensificadas hibridações utilizando os genótipos diplóides 0337-01, 0338-01 e 2803-01, que possuem porte baixo a médio, envolvendo principalmente o parental feminino 'Pacovan', cujo porte é elevado (superior a 4 m após o segundo ciclo de produção); em cruzamentos com 'Prata Anã', cultivar de porte relativamente baixo (inferior a 3 m), têm sido utilizados os diplóides 1304-06, 1318-01 e 1319-01. Os referidos parentais masculinos, obtidos pelo CNPMF-EMBRAPA, são descritos na Tabela 3.

A opção atual pela obtenção de novas cultivares tetraplóides, em relação a hibridações dirigidas à produção de cultivares triplóides, deve-se a duas razões básicas:

- As novas cultivares são muito semelhantes aos parentais femininos, comerciais, pois deste provêm 3/4 de seus cromossomos, sendo o 1/4 restante contribuição dos parentais masculinos.
- A segunda razão, associada à primeira, refere-se ao fato de que a probabilidade de obtenção de uma nova variedade triplóide, de ampla aceitação comercial, é bastante baixa, exigindo grande alocação de recursos materiais e humanos no atingimento desse objetivo.

Em complementação a essas observações, vale acrescentar que a pressuposição de que os tetraplóides possuem fragilidade do pecíolo foliar não deve ser generalizada, visto que a variabilidade genética existente em populações tetraplóides híbridas permite a seleção de indivíduos sem esse defeito.

Como resultado das hibridações realizadas ainda na fase inicial do programa, foram selecionados cinco híbridos tetraplóides promissores: PV03-44, PV03-76, JV03-15, PA03-22 e PA12-03, descritos na Tabela 6. Outros híbridos promissores, superiores em produtividade e qualidade de frutos em relação aos citados, vêm sendo selecionados presentemente, com destaque para aqueles entre Pacovan e M-53.

Tetraplóides superiores, obtidos em outros programas de melhoramento genético, têm sido introduzidos no CNPMF-EMBRAPA, devendo ser avaliados sob as condições ambientais locais dessa unidade de pesquisa. Compreendem três híbridos tipo 'Gros Michel' (AAAA) produzidos na Jamaica, denominados Ambrósia, Bucaneer e Calypso, bem como dois híbridos de 'Prata Anã' (AAAB- FHIA-01 e FHIA-18) e um híbrido AABB (FHIA-03) cedidos pelo programa da FHIA. As informações disponíveis dão conta de que os referidos tetraplóides, além de apresentarem boa produtividade e qualidade de frutos, possuem resistência às sigatocas amarela e negra, sendo que aqueles do tipo 'Gros Michel' (híbridos de 'Highgate', mutante de porte baixo) também são resistentes ao mal-do-panamá.

6.3. MELHORAMENTO POR MEIO DE MUTAÇÕES ESPONTÂNEAS OU INDUZIDAS

De maneira geral, as perspectivas de melhoramento por mutações são limitadas, embora seja claro que as mutações tenham ocupado um lugar importante na diversificação de clones de bananeira, principalmente na formação dos subgrupos, contribuindo para um aumento significativo na variabilidade útil disponível (SIMMONDS, 1973).

Uma das mutações mais importantes é a que provoca o nanismo ou semi-nanismo, permitindo uma maior densidade de plantio e facilidade de execução de práticas culturais. Essa mutação tem ocorrido principalmente nos seguintes subgrupos e cultivares triplóides: grupo AAA - subgrupo Cavendish, subgrupo Gros Michel e 'Caru Roxa'; grupo AAB - 'Maçã' e subgrupo Terra; grupo ABB - subgrupo Figo e 'Pisang Awak'. A 'Prata Anã' também parece ser uma mutação semi-anã, porém não é mutação da 'Prata', segundo SHEPHERD et alii, 1984e, e sim de um genótipo de porte alto ainda não definido. As mutações anãs de 'Caru Roxa', 'Maçã' e 'Figo' são conhecidas no Caribe, não

obstante SHEPHERD (comunicação pessoal, 1992) considere que em geral estas formas anãs têm sido pouco aproveitadas, sendo que só recentemente (anos 80) pode avaliar a 'Figo Anã'.

Outra mutação importante no Brasil modificou o tamanho do fruto: a 'Pacovan' tem maiores frutos que a 'Prata' típica, tanto no comprimento quanto no diâmetro. A parte vegetativa e a inflorescência masculina da 'Pacovan' são idênticas às da 'Prata' comum. Outra mutação semelhante existente no subgrupo Prata é exemplificado pela 'Pacha Nadan', da Índia. Com relação à resistência a doenças, vale ressaltar que essa característica quase não tem sido modificada pelas mutações espontâneas.

Alguns tipos de bananeira têm sido muito mais mutáveis que outros. O tipo que apresenta a maior frequência de mutações é o subgrupo Terra. Na África Ocidental e Equatorial foram identificadas mais de 50 fenótipos diferentes (TEZENAS DU MONTCEL, 1979 e 1983). Dois exemplos do outro extremo, ou seja, de cultivares pouco mutáveis, são a 'Mysore', amplamente cultivada na Índia, e a 'Maçã', apesar da existência de mutação anã.

Quando o melhoramento de uma cultivar justificar a procura de mutações, a indução destas e o isolamento de setores mutantes sempre apresentarão melhores perspectivas que a busca de mutações espontâneas nos bananais. Embora ainda sejam pouco avaliadas em bananeira, as técnicas para a indução de mutações, seja por meio de radiações ou pela aplicação de mutagênicos químicos, devem aumentar tanto a diversidade quanto a taxa de variações somáticas, possibilitando inclusive a recuperação de características úteis, não detectadas dentre os mutantes espontâneos.

Os obstáculos ao desenvolvimento dessas técnicas têm-se relacionado à dificuldade de obtenção de material de bananeira apropriado para tratamento, e à dificuldade de recuperação de mutantes sólidos. O material ideal seria cultura de células livres *in vitro*, com formação de embriões somáticos após o tratamento, cada um originário de uma única célula. Em bananeira, entretanto, a metodologia para a cultura de células com posterior regeneração de plantas ainda não está bem definida. Apesar disso, três laboratórios de países diferentes já conseguiram embriogênese somática a partir de suspensões de células e nos últimos anos

foram obtidos grandes avanços no manejo e proliferação de ápices caulinares (meristema associado a 1-3 primórdios foliares) *in vitro* (VESSEY & RIVERA, 1981; HWANG et alii, 1984).

Em diversas espécies de plantas tem-se constatado que, sem qualquer tratamento mutagênico, a própria proliferação de células ou ápices caulinares *in vitro*, passando pela fase de calos, é capaz de gerar variações, denominadas de variações somaclonais. Variantes fenotípicos foram frequentemente observados entre plantas regeneradas, inicialmente considerados como consequência de exposição recente a fitohormônios exógenos e classificados como eventos epigenéticos, de algum modo produzidos artificialmente. Evidências recentes têm mostrado que este julgamento foi prematuro e que a cultura de tecidos *per se* apresenta-se como uma nova fonte de variabilidade genética (LARKIN & SCOWCROFT, 1981). As origens dessas variações são ainda motivos de especulações, podendo-se ressaltar alguns dos possíveis mecanismos promotores: mudanças no cariótipo; mudanças crípticas associadas com rearranjos cromossômicos; elementos transponíveis (transposons); rearranjos de genes somáticos; amplificação e depleção gênica; crossing-over somático e permuta da cromátide irmã, além da eliminação de vírus crípticos.

Em bananeiras, variações somaclonais ocorreram com genótipos do subgrupo Cavendish, em Taiwan (HWANG, 1985) e Porto Rico (POOL & IRIZARRY, 1985). Em grandes plantios recém instalados com mudas obtidas mediante a proliferação de ápices caulinares *in vitro*, tem se verificado um número surpreendente de variações. De modo geral, parece que as variações até agora observadas não são desejáveis, porém, em Taiwan, foram relatados mutantes resistentes à raça 4 do mal-do-panamá, doença que dizimou os plantios anteriores no local. A única experiência desenvolvida no CNPMF em plantas de banana oriundas de calos registrou uma série de deficiências cromossômicas.

Quanto à indução de mutações em ápices caulinares de bananeira sob cultivo *in vitro*, estudos preliminares estão sendo conduzidos na Áustria, na Tailândia, nas Filipinas e em Cuba. Foram utilizados raios gama em todos os casos, sendo o primeiro objetivo determinar as dosagens ótimas dessa radiação. Na Áustria, vários experimentos estão em execução, buscando desenvolver metodologia que permita, ainda nas culturas *in vitro*, a identificação e seleção de ápices caulinares resistentes à sigatoka-negra.

7. APLICAÇÕES DE TÉCNICAS DE CULTIVO *IN VITRO*

Segundo SHEPHERD et alii (1986), o melhoramento da bananeira tem se beneficiado com a aplicação de técnicas simples de cultura de tecidos, podendo, num futuro bem próximo, vir a utilizar técnicas *in vitro* mais complexas. O cultivo de embriões de sementes maduras de banana tem sido praticado durante mais de 20 anos, tendo começado na Jamaica, onde a germinação de sementes/embriões da 'Highgate' aumentou de 20 a 60%. No Brasil, a prática de extração e cultivo *in vitro* de embriões de banana vem sendo utilizada como mecanismo auxiliar ao programa de melhoramento.

A cultura de ápices caulinares também tem sido bastante utilizada como técnica auxiliar em programas de melhoramento genético da bananeira, constituindo-se num rápido e eficiente método para a propagação vegetativa de plantas (DANTAS, 1983), recuperação de plantas livres de doenças (TORRES, 1990), conservação de germoplasma (SOUZA, 1988), bem como na execução de estudos na área de fisiologia (HU & WANG, 1983).

No CNPMF, esta técnica visa principalmente o intercâmbio de germoplasma com instituições de pesquisa, principalmente internacionais, sendo também utilizada na multiplicação de acessos do BAG que apresentem características desejáveis.

Há também uma grande necessidade de pesquisa na área de fertilização *in vitro* e, considerando-se o tamanho e a estrutura dos ovários, a técnica da fertilização de óvulos *in vitro* deve ser desenvolvida. A pesquisa é necessária pois, dos sacos embrionários disponíveis em ovários de bananeiras partenocárpicas, poucos se tornam fertilizados, ocasionando uma baixa produção de sementes. Sem dúvida, o problema se deve à penetração deficiente dos tubos polínicos. As falhas dos tubos têm sido verificadas em estiletos e em observações diretas de seções de ovários de genótipos diplóides e triplóides, apresentando óvulos não fertilizados. Adicionalmente, as poucas sementes produzidas concentram-se fortemente no ápice extremo da polpa do fruto, e são sempre mais frequentes no quarto ou na metade apical do fruto, a depender da cultivar utilizada. Na base do fruto são raras as sementes encontradas.

Caso uma maior proporção de sacos embrionários disponíveis fosse fertilizada **in vitro** e os embriões fossem recuperados e postos a germinar em meio de cultura apropriado, o incremento na produção de híbridos seria espetacular; talvez até permitisse hibridações de clones que têm apresentado esterilidade feminina total. Com banana, entretanto, a técnica encontra-se em fase inicial de investigação; os primeiros esforços têm sido envidados no sentido de definir os meios de cultura favoráveis à germinação do pólen e ao contínuo crescimento dos tubos polínicos.

8. CONCLUSÕES

Diante do que foi exposto no presente trabalho, pode-se concluir que:

- a) As cultivares de banana atualmente existentes evoluíram de espécies selvagens do Continente Asiático e das ilhas próximas; apresentam três níveis cromossômicos distintos, existindo diplóides (2x), triplóides (3x) e tetraplóides (4x), respectivamente com dois, três e quatro múltiplos do número básico ou genoma de 11 ($X = n$). O nível de ploidia mais comum em bananas comerciais é o triplóide.
- b) Os cromossomos de banana são pequenos e não são visíveis separadamente numa célula que não esteja em mitose. Translocações ocorrem com frequência nas bananeiras cultivadas e híbridos experimentais de **Musa**.
- c) A microsporogênese e macrosporogênese ocorrem normalmente em bananeiras diplóides selvagens, seminíferas, embora sejam observadas anormalidades ocasionais no pareamento meiótico, devido à assinapse de um par de cromossomos. As anomalias meióticas são mais freqüentes em diplóides paratenocárpicas, resultando em elevada esterilidade, porém as plantas partenocárpicas não são completamente estéreis.
- d) A partenocarpia é um fenômeno independente da esterilidade gamética, resultante da ação de três genes dominantes cujas expressões estão sujeitas à ação de modificadores; não está associada à poliploidia, visto que a partenocarpia está presente nos diplóides.

- e) Existem três situações principais quanto a origem de megásporos em banana, com um curso subsequente comum do desenvolvimento de um saco embrionário octo-nucleado, sendo a meiose o processo predominante. Os outros padrões de comportamento da célula-mãe do saco embrionário constam da produção de megásporos e sacos embrionários com o número cromossômico maternal ou a produção de megásporos e sacos embrionários com número cromossômico maternal duplicado, ambos em decorrência da não redução dos cromossomos na meiose.
- f) A esterilidade feminina das cultivares existentes normalmente não é absoluta e a maioria, em todos os níveis de ploidia, é capaz de produzir sementes em polinizações controladas. A fertilização dos sacos embrionários não reduzidos diplóides ou triplóides, com pólen haplóide A, fornece uma base prática para programas de hibridação visando novos genótipos triplóides ou tetraplóides.
- g) Na produção de novas cultivares triplóides ou tetraplóides de bananeiras, as metodologias baseadas em cruzamentos oferecem melhores perspectivas do que a busca de mutações espontâneas ou induzidas.
- h) Dentre as metodologias de hibridação, a produção de híbridos tetraplóides a partir de cultivares triplóides é o método mais rápido para a obtenção de novas cultivares com resistência às principais doenças e pragas, produtivas e aceitáveis nos mercados consumidores.
- i) Estudos complementares sobre a produção de triplóides, seja a partir de diplóides ou por meio de cruzamentos entre tetraplóides e diplóides, poderão permitir a sua utilização como metodologia alternativa.
- j) De modo geral, independentemente da metodologia de hibridação adotada na geração de poliplóides, é fundamental o melhoramento do germoplasma diplóide AA.
- k) A aplicação de técnicas de cultivo **in vitro** mais refinadas, em particular a fertilização **in vitro**, será de grande valia para os trabalhos de melhoramento genético da bananeira, facilitando a produção de híbridos a partir de plantas parcialmente ou completamente estéreis.

9. REFERÊNCIAS

- ALVES, E.J. **A bananicultura brasileira e o programa de pesquisa coordenado pela EMBRAPA em prol do seu melhoramento.** Cruz das Almas: EMBRAPA-CNPMF, 1986. 50p. (EMBRAPA-CNPMF. Documentos, 17).
- CHAMPION, J. **Les bananiers et leur culture; Tome I: botanique et genetique.** Paris: IFAC, 1967. 214p.
- CHEESMAN, E.E. Classification of the bananas. II. The genus *Musa* L. **Kew Bulletin**, n.2, p.106-117, 1948.
- CHEESMAN, E.E.; DODDS, K.S. Genetical and cytological studies of *Musa*. IV. Certain triploid clones. **Journal of Genetics**, London, v.43, p.337-357, 1942.
- DANTAS, J.L.L. **Cultura de tecidos em mandioca.** Piracicaba: ESALQ/USP, 1983. 28p. (Trabalho apresentado como uma das exigências da Disciplina 'Desenvolvimento e diferenciação em plantas', do curso de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas).
- DE LANGHE, E. Bananas. In: FERWERDA, F.P.; WIT, F. ed. **Outlines of perennial crop breeding in the tropics.** Wageningen: H. Veenman and Zonen N.V., 1969. p.53-78.
- DODDS, K.S. Genetical and cytological studies of *Musa*. V. Certain edible diploids. **Journal of Genetics**, London, v. 45, p.113-138, 1943.
- DODDS, K.S. Genetical and cytological studies of *Musa*. VI. The development of female cells of certain edible diploids. **Journal of Genetics**, London, v.46, p.161-179, 1945.
- DODDS, K.S.; PITTENDRIGH, C.S. Genetical and cytological studies of *Musa*. VII. Certain aspects of polyploidy. **Journal of Genetics**, London, v.47, p.162-177, 1946.

- DODDS, K.S.; SIMMONDS, N.W.** Genetical and cytological studies of *Musa*. VIII. The formation of polyploid spores. **Journal of Genetics**, London, v.47, p.223-241, 1946.
- DODDS, K.S.; SIMMONDS, N.W.** Sterility and parthenocarpy in diploid hybrids of *Musa*. **Heredity**, London, v.2, p.101-107, 1948.
- FAO PRODUCTION YEARBOOK.** Roma: FAO, 1991. (FAO Statistics Series).
- GOVINDASWAMI, S.** Cytological studies on a non-parthenocarpic wild diploid *Eumusa* variety Kadubalai. **Indian Journal of Genetics & Plant Breeding**, New Delhi, v.21, p.241-258, 1962.
- HU, C.Y.; WANG, P.J.** Meristem, shoot tip, and bud cultures. In: **EVANS, D.A.; SHARP, W.R.; AMMIRATO, P.V.; YAMADA, Y., eds. Handbook of plant cell culture; techniques for propagation and breeding.** New York: MacMillan Publishing Co., 1983. p.177-227.
- HUTCHISON, D.J.** Notes on bananas. II. Chromosome counts of varieties. **Tropical Agriculture**, Trinidad, v.43, p.131-132, 1966.
- HWANG, S.C.; CHEN, C.L.; LIN, J.C.; LIN, H.L.** Cultivation of banana using plantlets from meristem culture. **HortScience**, Saint Joseph, v.19, p.231-233, 1984.
- HWANG, S.C.** Screen for fusarial wilt resistance through meristem culture in Taiwan. In. **REUNION DE LA ACORBAT, 7, 1985**, San José, Costa Rica. **Resumos...** San José: s.ed., 1985. p.68.
- IBGE (Rio de Janeiro).** Banana. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**, v.3, n.9, p.18-19, 1991.
- LARKIN, P.J.; SCOWCROFT, W.R.** Somaclonal variation - a novel source of variability from cell cultures for plant improvement. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v.60, p.197-214, 1981.
- MENENDEZ, T.; SHEPHERD, K.** Breeding new bananas. **World Crops**, v.27, n.3, p.104-112, 1975.

MOREIRA, R.S. Banana: teoria e prática de cultivo. Campinas: Fundação Cargill, 1987. 335p.

POOL, D.J.; IRRIZARRY, H. Off-type banana plant observed in a commercial planting of Grand Naine propagated via tissue culture. In: REUNION DE LA ACORBAT, 7., 1985, San José, Costa Rica. Resumos... San José, s.ed., 1985, p.77.

ROWE, P. Fitomejoramiento de bananas y platanos. Panamá: UPEB/CID, 1985. 19p.

ROWE, P.; RICHARDSON, D.L. Breeding bananas for disease resistance, fruit quality and yield. Honduras: SIATSA, 1975. 41p. (Bulletin, 2).

SHEPHERD, K. Seed fertility of the Gros Michel Banana in Jamaica. *Journal of Horticultural Science*, London, v.29, p.1-2, 1954.

SHEPHERD, K. Two new basic chromosome numbers in the Musaceae. *Nature*, London, v.183, p.1539-1540, 1959.

SHEPHERD, K. Seed fertility of edible bananas. *Journal of Horticultural Science*, London, v.35, p.6-20, 1960.

SHEPHERD, K. Banana research at I.C.T.A. *Tropical Agriculture*, v.51, n.4, p.482-490, 1974.

SHEPHERD, K. *Banana germplasm.* Roma: IBPGR, 1976. 7p.

SHEPHERD, K. A bananeira: taxonomia e morfologia. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE BANANICULTURA, 1, 1984a, Jaboticabal. *Anais...* Jaboticabal: FCAVJ/UNESP, 1984a. p.50-74.

SHEPHERD, K. *Contagem de cromossomos.* Cruz das Almas: EMBRAPA-CNPMF, 1984b. s.p.

SHEPHERD, K. *Evolução e classificação das bananeiras.* Cruz das Almas: EMBRAPA-CNPMF, 1984c. 4p.

- SHEPHERD, K. **Taxonomia e caracterização de cultivares de banana.** Cruz das Almas: EMBRAPA-CNPMPF, 1984d. 5p.
- SHEPHERD, K. Observations on *Musa* taxonomy. In: IDENTIFICATION OF GENETIC DIVERSITY IN THE GENUS MUSA 1988, Los Banos. **Proceedings...** Montpellier: INIBAP, 1990. p.158-165.
- SHEPHERD, K. Discriminação entre grupos genômicos da bananeira. Cruz das Almas: EMBRAPA-CNPMPF, 1992. 2p. (s.ed.).
- SHEPHERD, K.; FERREIRA, F.R. **The Papua New Guinea Biological Foundation's banana collection at Laloki, Port Moresby, PNG.** Roma: IBPGR, 1982. 10p.
- SHEPHERD, K.; ALVES, E.J.; FERREIRA, F.R. Classificação dos acessos do banco ativo de germoplasma de banana do Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 7, 1983, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: EMPASC/SBF, 1984e. p.213-219.
- SHEPHERD, K.; DANTAS, J.L.L.; ALVES, E.J. Melhoramento genético da bananeira. **Informa Agropecuário**, Belo Horizonte, v.12, p.11-19, 1986.
- SIMMONDS, N.W. Genetical and cytological studies of *Musa*. X. Stomatal size and plant vigour in relation to polyploidy. **Journal of Genetics**, London, v.49, p.57-68, 1949.
- SIMMONDS, N.W. Experiments on the pollinisation of seeded diploid bananas. **Journal of Genetics**, London, v.51, p.32-40, 1952.
- SIMMONDS, N.W. Segregations in some diploid bananas. **Journal of Genetics**, London, v.51, p.458-469, 1953.
- SIMMONDS, N.W. **Los platanos.** Barcelona: Blume, 1973. 539p.
- SIMMONDS, N.W. **Revised banana descriptors.** Roma: IBPGR, 1984. 31p.

- SIMMONDS, N.W.; DODDS, K.S.** Meiose in seeded diploids of *Musa*. **Journal of Genetics**, London, v.49, p.221-225, 1949.
- SIMMONDS, N.W.; SHEPHERD, K.** The taxonomy and origins of the cultivated bananas. **The Journal of the Linnean Society of London**, London, v.55, p.302-312, 1955.
- SOARES FILHO, W. dos S.; ALVES, E.J.; CORDEIRO, Z.J.M.; CUNHA, M.A.P. da; SHEPHERD, K.; DANTAS, J.L.L.; BORGES, A.L.** Programa de pesquisa de banana e plátano em execução no CNPMF-EMBRAPA. Cruz das Almas: EMBRAPA-CNPMF, 1990. 15p. (EMBRAPA-CNPMF. Documentos, 28).
- SOUZA, E.L.S.** Conservação de germoplasma *in vitro*. In: ENCONTRO SOBRE RECURSOS GENÉTICOS, 1988, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: FCAVJ/UNESP, 1988. p.102-105.
- STOVER, R.H.; RICHARDSON, D.L.** Pelipita and ABB Bluggoe-type plantain resistant to bacterial and fusarial wilts. **Plant Disease Reporter**, Washington, v.52, p.901-903, 1968.
- STOVER, R.H.; BUDDENHAGEN, I.W.** Banana breeding, polyploidy, disease resistance and productivity. **Fruits**, Paris, v.41, p.175-191, 1986.
- TEZENAS DU MONTCEL, H.** Les plantains du Cameroun. Propositions pour leus classification et denominations vernaculaires. **Fruits**, Paris, v.34, p.83-97, 1979.
- TEZENAS DU MONTCEL, H.** Variabilité dans l'ensemble des cultivars du plantain de la collection d'Ekona au Cameroun. **Fruits**, Paris, v.38, p.246-255, 1983.
- TORRES, A.C.** Polinização *in vitro*. In: TORRES, A.C.; CALDAS, L.S., ed. **Técnicas e aplicações da cultura de tecidos de plantas**. Brasília: ABCTP/EMBRAPA-CNPH, 1990. p.87-97.

VAKILI, N.G. Colchicine-induced polyploidy in *Musa*. *Nature*, London, v.194, p.453-454, 1962.

VAKILI, N.G. The experimental formation of polyploidy and its effect in the genus *Musa*. *American Journal of Botany*, New York, v.54, p.24-36, 1967.

VESSEY, J.C.; RIVERA, J.A. Meristem culture of banana. *Turrialba*, v.31, p.162-163, 1981.

VILSON, G.B. Cytological studies in the Musae. II. Meiosis in some diploid clones. *Genetics*, Princeton, v.31, p.475-482, 1946.

