

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 65

ISSN 1809-5003
Janeiro, 2015

Hibridação interespecífica entre espécies silvestres de *Manihot* (Euphorbiaceae – Magnoliophyta) e cultivares de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz)



ISSN 1809-5003

Janeiro, 2015

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Mandioca e Fruticultura
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 65

**Hibridação interespecífica
entre espécies silvestres de
Manihot (Euphorbiaceae –
Magnoliophyta) e cultivares de
mandioca (*Manihot esculenta*
Crantz)**

Carlos Alberto da Silva Ledo

Vanderlei da Silva Santos

Márcio Lacerda Lopes Martins

Alfredo Augusto Cunha Alves

Dreid de Cerqueira Silveira da Silva

Ariana Silva Santos

Leônidas Francisco de Queiroz Tavares Filho

Embrapa Mandioca e Fruticultura
Cruz das Almas, BA
2015

Embrapa Mandioca e Fruticultura

Rua Embrapa - s/n, Caixa Postal 007
44380-000, Cruz das Almas, Ba
Fone: (75) 3312-8048
Fax: (75) 3312-8097
www.embrapa.br/mandioca-e-fruticultura

Unidade responsável pelo conteúdo e edição:

Embrapa Mandioca e Fruticultura

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: *Aldo Vilar Trindade*

Secretária-executiva: *Maria da Conceição Pereira Borba dos Santos*

Membro: *Antonio Alberto Rocha Oliveira*

Áurea Fabiana Apolinário de Albuquerque

Cláudia Fortes Ferreira

Herminio Souza Rocha

Jacqueline Camolese de Araujo

Marcio Eduardo Canto Pereira

Tullio Raphael Pereira Pádua

Léa Ângela Assis Cunha

Lucidalva Ribeiro Gonçalves Pinheiro

Supervisão editorial: *Aldo Vilar Trindade*

Revisão de texto: *Cláudia Fortes Ferreira; Eder Jorge de Oliveira*

Normalização bibliográfica: *Lucidalva Ribeiro Gonçalves Pinheiro*

Editoração e tratamento de imagem: *Maria da Conceição Pereira Borba dos Santos*

Fotos da Capa: *Ariana Silva Santos / Montagem: Maria da Conceição Pereira Borba dos Santos*

1ª edição

Versão online (2015).

Todos os direitos reservados

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Mandioca e Fruticultura

Hibridação interespecífica entre espécies silvestres de *Manihot* (Euphorbiaceae – Magnoliophyta) e cultivares de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). / Carlos Alberto da Silva Ledo... [et al.]. - Dados eletrônicos. – Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2015. - (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Mandioca e Fruticultura, ISSN 1809-5003; 65).

Sistema requerido: Adobe Acrobat Reader.

1. Mandioca. 2. Hibridação. 3. Método de melhoramento. I. Ledo, Carlos Alberto da Silva. II. Santos, Vanderlei da Silva. III. Martin, Márcio Lacerda Lopes. IV. Alves, Alfredo Augusto Cunha. V. Silva, Dreid de Cerqueira Silveira da. VI. Santos, Ariana Silva. VII. Tavares Filho, Leônidas Francisco de Queiroz VIII Título. IX. Série.

CDD 633.682 (21 ed.)

© Embrapa 2015

Sumário

Resumo	5
Abstract	7
Introdução	9
Material e Métodos	12
Resultados e Discussão	14
Conclusão	19
Agradecimentos	19
Referências	19

Hibridação interespecífica entre espécies silvestres de *Manihot* (Euphorbiaceae – Magnoliophyta) e cultivares de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz)

*Carlos Alberto da Silva Ledo*¹

*Vanderlei da Silva Santos*²

*Márcio Lacerda Lopes Martins*³

*Alfredo Augusto Cunha Alves*⁴

*Dreid de Cerqueira Silveira da Silva*⁵

*Ariana Silva Santos*⁶

*Leônidas Francisco de Queiroz Tavares Filho*⁷

Resumo

A hibridação interespecífica é um dos métodos utilizados na cultura da mandioca para ampliar variabilidade ou transferir características de interesse econômico. Hibridações controladas e naturais ocorrem dentro do gênero *Manihot*, indicando que as barreiras que isolam as espécies são fracas devido à recente evolução do grupo. Muitas espécies silvestres cruzam facilmente com *M. esculenta* e são fontes de alelos úteis para a espécie cultivada. Este trabalho teve como objetivo avaliar o desenvolvimento e a cruzabilidade de híbridos interespecíficos entre espécies silvestres de *Manihot* e cultivares comerciais de *M. esculenta*. Foram realizadas polinizações manuais aleatórias entre 16 acessos de espécies silvestres e 31 cultivares de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), no período de 2007 a 2012. Os dados de avaliações dos números de flores polinizadas e fertilizadas,

¹ Engenheiro-agrônomo, doutor em Genética e Melhoramento de Plantas, pesquisador da Embrapa Mandioca e Fruticultura.

² Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Mandioca e Fruticultura.

³ Biólogo, doutor em Botânica, professor assistente da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia.

⁴ Engenheiro-agrônomo, doutor em Fisiologia Vegetal, pesquisador da Embrapa Mandioca e Fruticultura.

⁵ Engenheira-agrônoma, mestre em Ciências Agrárias

⁶ Bióloga, mestranda em Recursos Genéticos Vegetais

⁷ Engenheiro-agrônomo, mestre em Ciências Agrárias, analista do Serviço Nacional de Aprendizagem Rural da Bahia.

frutos desenvolvidos, sementes produzidas e deiscência dos frutos foram avaliados. Foi possível desenvolver híbridos interespecíficos entre cultivares de mandioca e espécies silvestres de *Manihot*. Observou-se que as espécies silvestres de *Manihot* são mais eficientes quando se comportam como doadores de grãos de pólen. As espécies *Manihot esculenta* subsp. *peruviana* e *Manihot esculenta* subsp. *flabelifolia* foram as que apresentaram os maiores números de flores polinizadas, produzindo uma relação aproximada de 8 sementes híbridas obtidas para cada 100 cruzamentos realizados.

Palavras-chave: variabilidade genética, polinização, cruzamento controlado

Interspecific hybridization between wild species of *Manihot* (Euphorbiaceae – Magnoliophyta) and cassava (*Manihot esculenta* Crantz) cultivars

Abstract

Interspecific hybridization is one of the methods used in cassava crop to broaden the variability or transfer characteristics of economic interest. Controlled and natural crosses occur within the genus, indicating that the barriers which isolate the species are fragile due to recent evolution of the group. Many wild species cross easily with *M. esculenta* and are sources of useful alleles for the cultivated species. The objective of the present work was to evaluate the development and crossability of interspecific hybrids between wild and *Manihot* species and commercial cultivars of *M. esculenta*. Random manual crosses were carried out between 16 accessions from the wild species and 31 cassava cultivars (*Manihot esculenta* Crantz), from 2007 to 2012. Data was collected from the following variables: number of pollinated and fertilized flowers, developed fruits, seeds and opening of fruits. It was possible to develop interspecific hybrids between cassava cultivars and wild species of *Manihot*. The wild species of *Manihot* were more efficient when used as pollen donors. The *Manihot esculenta* subsp. *peruviana* and *Manihot esculenta* subsp. *flabelifolia* species presented the highest number of pollinated flowers, producing 8 hybrid seeds per 100 crosses.

Keywords: genetic variability, pollination, controlled crosses

Introdução

O gênero *Manihot* (Euphorbiaceae – Magnoliophyta), originário do continente americano, abrange desde os Estados Unidos até a Argentina com 98 espécies distribuídas em 19 seções (ROGERS; APPAN, 1973), das quais 13 ocorrem no Brasil. A área abrangida pelo sul de Goiás e o oeste de Minas Gerais é considerada o maior centro de diversificação de espécies de *Manihot*, seguido do sudeste do México, do Nordeste do Brasil, do sudeste do Mato Grosso e da Bolívia (NASSAR, 1978a; 2000). Em termos de Brasil, a maior representatividade de espécies silvestres de *Manihot* ocorre naturalmente no Cerrado, o segundo bioma em área do país.

A mandioca cultivada (*Manihot esculenta* Crantz) é a única espécie de valor comercial dentro do gênero *Manihot*. É uma cultura de grande importância para o mundo, tanto no aspecto econômico como social. A sua importância social é maior nos países em que o índice de desnutrição é elevado. É a única espécie do gênero *Manihot* cultivada comercialmente para a produção de raízes comestíveis. Adapta-se a diferentes condições de clima e solo e encontra-se distribuída na sua forma nativa no Hemisfério Ocidental desde o Sul dos Estados Unidos (33° Norte) até o Norte da Argentina (33° Sul) (FUKUDA; IGLESIAS, 2006).

O interesse pela mandioca está aumentando nos trópicos devido à natureza rústica da cultura. Entretanto, mesmo com essa rusticidade a cultura ainda é afetada por um grande número de estresses bióticos (pragas e doenças) e abióticos (seca e baixa fertilidade dos solos). Além disso, a mandioca possui elevada deterioração fisiológica pós-colheita em todas as suas variedades comercialmente utilizadas, o que reduz muito a vida de prateleira das raízes, limitando sua comercialização.

Essas limitações da cultura podem ser amenizadas por meio de híbridos obtidos de cruzamentos com espécies silvestres do gênero *Manihot*.

A hibridação interespecífica é um dos métodos utilizados na cultura da mandioca para amplificar variabilidade ou transferir características de interesse econômico. Considerando seu grande potencial, deve ser utilizada em maior escala após completo conhecimento e exploração da diversidade genética da espécie e/ou para modificar características de interesse (FUKUDA; IGLESIAS, 2006).

Segundo Ceballos et al. (2002), dentre os principais problemas na utilização de espécies silvestres de *Manihot* em programas de melhoramento genético de mandioca, citam-se a falta de sincronia nos períodos de florescimento e a dificuldade de propagação e manutenção dessas espécies no campo. Nassar et al. (1986), trabalhando com hibridação interespecífica entre cultivares de mandioca e espécies silvestres de *Manihot*, observaram incompatibilidade de várias espécies silvestres com *Manihot esculenta*.

Na Tabela 1 são apresentados trabalhos que utilizaram espécies silvestres de *Manihot* com maior potencial no melhoramento genético de mandioca.

Apesar de promissora, sob vários aspectos, a utilização de espécies silvestres de *Manihot* no melhoramento de mandioca ainda é incipiente. Talvez o principal motivo seja o fato de que, quando se faz um cruzamento interespecífico, juntamente com as características desejáveis, outras que são indesejáveis, acabam vindo juntas, fenômeno denominado de "*linkage drag*". Para corrigir esses problemas, recorre-se aos retrocruzamentos, usando como parental recorrente a espécie cultivada, no caso *M. esculenta*. Entretanto, a fixação das características desejáveis provenientes do parental silvestre é tanto mais difícil quanto maior for o número de genes responsáveis pelo controle da característica em questão, e quanto maior for o número de características que se leve em conta, no momento da seleção.

Poucos são os pesquisadores dedicados ao estudo da cultura da mandioca. Assim, poucos avanços têm sido obtidos em pesquisas básicas que podem dar suporte às ações de melhoramento da espécie.

Tabela 1. Relação de trabalhos com espécies silvestres de *Manihot* e respectivos potenciais de uso no melhoramento genético da mandioca.

Referência	Espécie silvestre	Potencial de uso
Carabali et al. (2010a) Akinbo et al. (2012)	<i>M. esculenta</i> subsp. <i>flabelifolia</i>	Resistência à mosca branca Alto teor de matéria seca e proteína Resistência ao vírus do mosaico africano Resistência à bacteriose Resistência à antracnose Resistência ao mandoravá
Asiedu et al. (1994) Carabali et al. (2010b) Ojulong et al. (2008)	<i>M. tristis</i>	Resistência à mosca branca Resistência ao ácaro verde Alto teor de matéria seca
Hahn et al. (1980a, 1980b) Ambang et al. (2007) Nassar et al. (2010)	<i>M. glaziovii</i>	Resistência ao vírus do mosaico africano Resistência à bacteriose Tolerância à seca
Nassar et al. (2004)	<i>M. dichotoma</i>	Alta produção de raízes
Nassar (1978c)	<i>M. paviaefolia</i> , <i>M. falcata</i> , <i>M. reptans</i> , <i>M. alutacea</i> , <i>M. pruinosa</i> e <i>M. pentaphylla</i>	Alto teor de proteína
Nassar (1978a)	<i>M. tripartita</i>	Tolerância à seca
Nassar (1978a, 1986) Nassar et al. (2007)	<i>M. oligantha</i> Pax	Alto teor de amido Alto teor de luteína Alto teor de proteína Resistência à seca Resistência ao alumínio Resistência ao frio
Nassar e Sousa (2007)	<i>M. epruinosa</i> <i>M. oligantha</i> Pax emend. Nassar subsp. Nestili	Alto teor em aminoácidos essenciais como metionina, lisina e triptofano

Outro fator que talvez acarrete na utilização incipiente de espécies silvestres de *Manihot* é a escassez de informações sobre o desempenho agrônômico dos híbridos interspecíficos, em termos de produtividade e formato de raízes, teor de compostos cianogênicos, teor de fibras, e demais atributos agrônômicos importantes.

Este trabalho teve como objetivo avaliar o desenvolvimento e a cruzabilidade de híbridos interespecíficos entre espécies silvestres de *Manihot* e cultivares de mandioca realizados na Embrapa Mandioca e Fruticultura.

Material e Métodos

O trabalho foi realizado na Embrapa Mandioca e Fruticultura, em Cruz das Almas, Bahia, situada a 12° 40' 19" de Latitude Sul, 39° 06' 22" de Longitude Oeste e 220m de altitude. O clima é tropical quente e úmido, Aw a AM, segundo classificação de Köppen, com temperaturas médias anuais de 24,5 °C e umidade relativa de 80% (AGRITEMPO, 2013).

Os parentais utilizados pertencem à Coleção de Espécies Silvestres de *Manihot* e ao Banco Ativo de Germoplasma de Mandioca da Embrapa Mandioca e Fruticultura. A seleção dos parentais utilizados nos cruzamentos manuais foi baseada no sincronismo do florescimento dos genitores, viabilidade do pólen do genitor masculino e receptividade do estigma do genitor materno. Alguns cruzamentos foram direcionados em função do interesse do programa de melhoramento genético de mandioca da Embrapa.

Foram utilizadas como parentais 31 cultivares de mandioca: Abacate, Abóbora, Aipim Bravo, Aipim Rosa, Amansa Burro, Bibiana, Cacau, Cachimbo, Cigana Preta, Crioula, Dendê, BRS Dourada, Engana Ladrão, Eucalipto, Fio de Ouro, BRS Gema de Ovo, Jari, BRS Kiriris, Manca, Maragogipe, Mocotó, Paraná, Paulo Rosa, Prato Cheio, Rosada,

São João, Saracura, TAI8, TN01, TN260 e Valença; e 16 espécies silvestres do gênero *Manihot*: *Manihot esculenta* subsp. *flabelifolia* (Pohl) Cif., *Manihot esculenta* subsp. *peruviana* Müll.Arg, *Manihot anomala* Pohl, *Manihot maracasensis* Ule, *Manihot carthaginensis* (Jacq.) Mull. Arg., *Manihot jacobinensis* Müll.Arg., *Manihot dichotoma* Ule, *M. irwinii* D.J. Rogers & Appan, *Manihot tomentosa* Pohl, *Manihot* sp. A4494, *Manihot* sp. CTM, *Manihot* sp. CMF, *Manihot* sp. A4590, *Manihot* sp. M146, 'Maniçoba', 'Pornúncia'.

Os cruzamentos controlados foram realizados nos anos de 2007 a 2102. As flores femininas foram cobertas com saco de pano tipo voal, mediante a sua maturação (Figura 1A). Neste mesmo período, as flores masculinas foram coletadas e acondicionadas em frascos previamente identificados e desinfetados com álcool (Figura 1B). O reconhecimento da maturação das flores femininas e masculinas foi observável quando o seu tamanho foi alterado em relação às outras flores da inflorescência, tornando-se intumescida e de maior tamanho, além de conter também, em seu interior, uma gotícula gelatinosa, o néctar.

As polinizações foram realizadas pelo contato das anteras sobre o estigma da flor feminina nos horários entre 08 às 16h (Figura 1C). As flores polinizadas foram cobertas novamente e previamente identificadas com seus parentais, data de cruzamento e quantidade de flores polinizadas (Figura 1D).

Foram realizadas avaliações relativas ao número de flores polinizadas, número de flores fertilizadas, número de flores desenvolvidas, número de sementes obtidas e deiscência das sementes. Para os dados obtidos foram calculadas as frequências absolutas e relativas para cada combinação híbrida. As frequências percentuais foram calculadas em função do número total de flores polinizadas para cada cruzamento.



Figura 1. Cobertura das flores femininas mediante a sua maturação (A), corte das flores masculinas para acondicionamento (B), polinização realizada através do contato das anteras sobre o estigma da flor feminina (C), cobertura e identificação das flores polinizadas (D).

Resultados e Discussão

Verificou-se que as flores femininas das espécies do gênero *Manihot* se abrem primeiramente em relação às masculinas por apresentarem protoginia, a exemplo do que ocorre com a espécie cultivada. Os cruzamentos interespecíficos devem ser feitos no período do dia em que a incidência solar é maior, entre o horário de 09 às 15 horas. Crepaldi (1987), trabalhando com *Manihot esculenta*, observou que esse horário está relacionado com a antese da cultura que ocorre em período do dia em que a temperatura é mais elevada e a umidade do ambiente diminui, sendo o período ideal para polinização das flores da *M. esculenta*, em torno das 14 horas. Jos et al. (1990) verificaram

a receptibilidade do estigma 6 horas antes da abertura das flores. Essa abertura é totalmente influenciada pelos agentes polinizadores da cultura e por fatores fisiológicos e evolutivos que a mandioca vem sofrendo. De acordo com Fukuda (2006), o não florescimento e/ou a baixa taxa de produção de flores por parte de alguns acessos, a falta de sincronia entre as épocas de florescimento dos genótipos e a macho-esterilidade são uns dos principais fatores que afetam diretamente o processo de hibridação e obtenção de sementes de *M. esculenta*.

As polinizações feitas no período de baixa temperatura, abrangendo as estações do outono e inverno, mostram baixa eficiência dentre os resultados obtidos. Nos períodos de baixa temperatura, foram encontrados alguns fatores bióticos que interferiram no desenvolvimento do grão de pólen, dificultando sua fertilidade e afetando a cruzabilidade dos genótipos como a presença da mosca *Teleocoma crassipes*. Segundo Graner (1942), o ataque da larva da mosca *Teleocoma crassipes*, na flor masculina, é o principal fator que impede o florescimento normal da mesma nesse período. Sendo assim, os cruzamentos nessa época foram inviáveis.

Os resultados dos cruzamentos obtidos de 2007 a 2012 estão apresentados na Tabela 2. Nesse período foram realizados 1.886 cruzamentos controlados, dos quais 1.161 quando se utilizou espécies silvestres como genitores femininos e 725 quando as espécies silvestres foram utilizadas como genitores masculinos. A maior percentagem de flores fertilizadas ocorreu quando se utilizou espécies silvestres como genitor masculino, 52,69 %, contra 38,24 % quando se utilizou espécies silvestres como genitor feminino.

O mesmo se verificou com a formação de sementes, em que para cada 100 cruzamentos foram obtidas aproximadamente 6 sementes quando se utilizou as espécies silvestres como genitor masculino e 5 sementes quando se utilizou como genitor feminino. Geralmente, as taxas de pegamento dos cruzamentos são baixas, necessitando-se de uma grande quantidade de pólen viável para que se realizem

Tabela 2. Flores polinizadas (FP), flores fertilizadas (FF), frutos desenvolvidos (FD), sementes produzidas (SP) e deiscência dos frutos, em dias (DF), para os cruzamentos controlados entre *Manihot esculenta* Crantz como genitor feminino e masculino e as espécies silvestres de *Manihot*.

Espécies	FP	FF	FD	SP	DF (Dias)
♀ Espécies silvestres como genitor feminino					
<i>Manihot esculenta</i> subsp. <i>flabelifolia</i>	446 ¹	131 ¹ (29,37 ²)	70 ¹ (15,70 ²)	125 ¹ (7,01 ³)	74 ⁴
<i>Manihot esculenta</i> subsp. <i>peruviana</i>	105	40 (38,10)	20 (19,05)	35 (8,33)	65
<i>Manihot anomala</i>	92	46 (50,00)	2 (2,17)	4 (1,09)	69
<i>Manihot maracasensis</i>	77	36 (46,75)	14 (18,18)	8 (2,60)	82
<i>Manihot carthaginensis</i>	63	12 (19,05)	0 (0,00)	0 (0,00)	-
'Maniçoba'	51	12 (23,53)	2 (3,92)	0 (0,00)	41
<i>Manihot jacobinensis</i>	46	9 (19,57)	4 (8,70)	8 (4,35)	61
<i>Manihot</i> sp. A4494	39	16 (41,03)	0 (0,00)	0 (0,00)	-
<i>Manihot dichotoma</i>	37	0 (0,00)	0 (0,00)	0 (0,00)	-
<i>Manihot irwinii</i>	34	31 (91,18)	14 (41,18)	21 (15,44)	67
<i>Manihot</i> sp. CTM	31	23 (74,19)	14 (45,16)	7 (5,65)	84
'Pornúncia'	27	3 (11,11)	0 (0,00)	0 (0,00)	-
<i>Manihot</i> sp. CMF	12	9 (75,00)	8 (66,67)	5 (10,42)	76
<i>Manihot</i> sp. A4590	12	8 (66,67)	4 (33,3)	6 (12,50)	104
Total	1161	444 (38,24)	162 (13,96)	230 (4,95)	72
♂ Espécies silvestres como genitor masculino					
<i>Manihot esculenta</i> subsp. <i>peruviana</i>	306	165 (53,92)	79 (25,82)	101 (8,25)	91
<i>Manihot esculenta</i> subsp. <i>flabelifolia</i>	301	159 (52,82)	73 (24,25)	74 (6,15)	65
<i>Manihot tomentosa</i>	23	7 (30,43)	3 (13,04)	2 (2,17)	64
<i>Manihot jacobinensis</i>	20	14 (70,00)	0 (0,00)	0 (0,00)	-
<i>Manihot</i> sp. M146	16	13 (81,25)	6 (37,50)	0 (0,00)	86
<i>Manihot anomala</i>	14	7 (50,00)	2 (14,29)	0 (0,00)	62
'Pornúncia'	13	3 (23,08)	0 (0,00)	0 (0,00)	-
<i>Manihot</i> sp. A4494	11	5 (45,45)	4 (36,36)	2 (4,55)	39
<i>Manihot</i> sp. CTM	10	5 (50,00)	1 (10,00)	1 (2,50)	63
<i>Manihot maracasensis</i>	6	1 (16,67)	0 (0,00)	0 (0,00)	-
<i>Manihot irwinii</i>	5	3 (60,00)	0 (0,00)	0 (0,00)	-
Total	725	382 (52,69)	168 (23,17)	180 (6,21)	67

¹Frequência absoluta. ²Frequência percentual calculada em função do número de flores polinizadas. ³Frequência percentual calculada considerando. ⁴Sementes formados por flor polinizada. ⁴Valor médio.

vários cruzamentos com os mesmos parentais (NASSAR et al., 1986; NASSAR, 2003). Vieira (2010), avaliando a produção de pólen de 5 variedades de mandioca e 6 espécies silvestres (*M. violaceae*, *M. dichotoma*, *M. esculenta* subsp. *peruviana*, *M. tomentosa*, *M. anomala* e *M. esculenta* subsp. *flabelifolia*), constatou que as espécies silvestres produzem mais pólen e apresentam pólen de maior tamanho quando comparadas com o pólen das variedades de mandioca.

As espécies mais utilizadas nos cruzamentos controlados foram *M. esculenta* subsp. *peruviana* e *M. esculenta* subsp. *flabelifolia*, independente se utilizadas como doadoras ou receptoras de pólen (Tabela 2). O elevado número de flores polinizadas dessas espécies é devido à maior quantidade de pólen viáveis, bem como de flores femininas aptas a receberem os pólen das espécies cultivadas. Outra questão importante se refere ao fato dessas formas serem subespécies da mandioca e muito provavelmente apresentarem alguma ancestralidade (ALLEM 1987, 1994, 1999, 2001). Aspectos genéticos e filogenéticos de *M. esculenta* Crantz e *M. esculenta* subsp. *flabelifolia* foram estudados por Carvalho e Schaal (2001), confirmando sua proximidade genética. Em estudos realizados por Carvalho (2005), utilizando marcadores genéticos, verificou-se que a mandioca foi domesticada originalmente da espécie *M. esculenta* subsp. *flabelifolia*.

Os cruzamentos realizados com *M. esculenta* subsp. *peruviana* e *M. esculenta* subsp. *flabelifolia*, quando utilizadas como doadoras de pólen, foram os que apresentaram resultados satisfatórios. Foram obtidas frequências de fertilização de flores de 53,92 % e 52,82 %, respectivamente, e frequências de produção de sementes de 8,25 % e 6,15 %, respectivamente, ou seja, para cada 100 cruzamentos realizados obteve-se aproximadamente 8 e 6 sementes híbridas, respectivamente, quando se utilizam essas espécies como genitores masculinos (Tabela 2).

Quando as espécies silvestres foram utilizadas como genitores femininos, as melhores percentagens de sementes produzidas foram obtidas para as espécies *M. irwinii* (15,44 %), *Manihot* sp. A4590 (12,50 %) e *Manihot*

sp. CMF (10,42 %). Contudo, o número de flores polinizadas envolvendo essas espécies foi muito baixa, 34, 12 e 12, respectivamente. A espécie *M. irwinii* apresentou a maior frequência de flores fertilizadas com 91,18 %. As espécies *M. esculenta* subsp. *peruviana* e *M. esculenta* subsp. *flabelifolia* apresentaram uma relação de 8 e 7 sementes produzidas, respectivamente, para cada 100 cruzamentos realizados.

Na Tabela 2 observa-se que os cruzamentos realizados com *M. carthaginensis*, 'Maniçoba', *Manihot* sp. A4494, *M. dichotoma* e 'Pornúncia', como receptoras do grão de pólen, a produção de sementes foi nula. O mesmo se verificou para as espécies *M. jacobinenses*, *Manihot* sp. M146, *M. anomala*, 'Pornúncia', *M. maracasensis* e *M. irwinii* quando utilizadas como doadoras do grão de pólen.

Para a deiscência do fruto houve uma variação de 41 a 104 dias quando as espécies silvestres de *Manihot* foram utilizadas como genitores femininos e 39 a 91 dias quando as espécies silvestres se comportam como genitores masculinos (Tabela 2). Mezzeti e Valle (2005), trabalhando com espécies nativas e melhoradas de *Manihot*, observaram que o tempo necessário para a deiscência está relacionado com o genótipo e é determinado pelo genótipo materno.

O melhoramento genético de plantas está fundamentado na ampliação da variabilidade genética existente por meio de cruzamentos controlados. É de fundamental importância a presença da variabilidade genética para que a seleção seja efetiva e desta maneira otimize o ganho genético no sentido de explorar a diversidade do germoplasma silvestre. Dessa forma, é possível a geração de híbridos interespecíficos de interesse e que possam ser incorporados aos programas de melhoramento genético de mandioca visando a obtenção de cultivares melhorados.

Conclusão

Foi possível desenvolver híbridos interespecíficos entre cultivares de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) e espécies silvestres de *Manihot*.

As espécies silvestres de *Manihot* são mais eficientes quando se comportam como genitores masculinos.

As espécies *Manihot esculenta* subsp. *peruviana* e *Manihot esculenta* subsp. *flabelifolia* foram as que apresentaram os maiores números de flores polinizadas, produzindo uma relação aproximada de 8 sementes híbridas obtidas para cada 100 cruzamentos realizados.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (Fapesb) pelo auxílio financeiro e pela concessão de bolsas.

Referências

AGRITEMPO. Disponível em: <<http://www.agritempo.gov.br/agroclima/sumario>>. Acesso em: 05 de out. 2013.

AKINBO, O.; LABUSCHAGNE, M.; FREGENE, M. Introgression of whitefly (*Aleurotrachelus socialis*) resistance gene from F1 inter-specific hybrids into commercial cassava. **Euphytica**, v. 183, p. 19-26, 2012.

ALLEM, A. C. *Manihot esculenta* as a native of the neotropics. **Plant Genetic Resources Newsletter**; Roma, FAO/IBPGR, v.71,p.22-24, 1987.

ALLEM, A. C. The closest wild relatives of Cassava (*Manihot esculenta* Crantz). **Euphytica**, v. 107, p. 123-133, 1999.

ALLEM, A. C. The origin of *Manihot esculenta* Crantz (Euphorbiaceae). **Genetic Resources and Crop Evolution**, v.41, p.133-150, 1994.

ALLEM, A. C. The primary gene pool of cassava (*Manihot esculenta* Crantz subspecies *esculenta*, Euphorbiaceae). **Euphytica**, v. 120, p. 127-132, 2001.

AMBANG, Z.; AKOA, A.; BEKOLO, N.; NANTIA, J.; NYOBE, L.; ONGONO BOUQUET, Y. S. Tolérance de quelques cultivars de manioc (*Mahinot esculenta* Crantz) et de l'espèce sauvage (*Mahinot glaziovii*) à la mosaïque virale africaine et à la cercosporiosedumanioc. **Tropicultura**, v. 25, n. 3, p. 140 -145. 2007.

ASIEDU, R.; HAHN, S. K.; VIJAYA BAI, K.; DIXON, A. G. O. Interspecific hybridization in the genus *Manihot*-progress and prospects. **Acta Horticulturae**, v. 380, p. 110-113, 1994.

CARABALÍ, A.; BELLOTTI, A. C.; MONTOYA-LERMA, J.; FREGENE, M. *Manihot flabelifolia* Pohl, wild source of resistance to the whitefly *Aleurotrachelus socialis* Bondar (Hemiptera: Aleyrodidae). **Crop Protection**, v. 29, p. 34-38, 2010a.

CARABALÍ, A.; BELLOTTI, A. C.; MONTOYA-LERMA, J.; FREGENE, M. Resistance to whitefly, *Aleurotrachelus socialis*, in wild populations of cassava, *Manihot tristis*. **Journal of Insect Science**, v. 10, n. 170, p. 01-10, 2010b

CARVALHO, L. J. C. B. **Biodiversidade e biotecnologia em mandioca (*Manihot esculenta* Crantz)**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2005.

CARVALHO, L. J. C. B.; SCHAAL, B. A. Assessing genetic diversity in the cassava (*Manihot esculenta* Crantz) germplasm collection in Brazil using PCR-based markers. **Euphytica**, v.120, p.133-142, 2001.

CEBALLOS, H., MORANTE, N.; JARAMILLO, G.; LENIS, J. I.; CALLE, F.; PÉREZ, J. C. Mejoramiento Genético de la Yuca. In: CEBALLOS, H. (Eds.) **La yuca en el tercer milenio: sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización**. Cali: CIAT, 2002. p.295-325.

CREPALDI, C. I. **Biologia da reprodução em *Manihot* Mill.** 1987. 160 f.: Dissertação (Mestrado) - Universidade de Campinas, Campinas.

FUKUDA, W. M. G.; IGLESIAS, C. Melhoramento Genético. In: SOUZA, L. S.; FARIAS, A. R. N.; MATTOS, P. L. P.; FUKUDA, W. M. G. (Ed.). **Aspectos Socioeconômicos e Agronômicos da Mandioca**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2006. p. 325-355.

GRANER, E. A. Notas sobre florescimento e frutificação da mandioca. **Bragantia**, v.2, p.1-14, 1942.

HAHN, S. K.; HOWLAND, A. K.; TERRY, E. R. Correlated resistance of cassava to mosaic and bacterial blight diseases. **Euphytica**, v. 29, p. 305-311, 1980a.

HAHN, S. K.; TERRY, E. R.; LEUSCHNER, K. Breeding cassava for resistance to mosaic disease. **Euphytica**, v. 29, p. 673-683, 1980b.

JOS, J. S.; NAIR, R. B.; SREEKUMARI, M. T. Stigma receptivity and seed set in cassava. **Tropical Agriculture**, v.67, p.257-261, 1990.

MEZETTE, T. F.; VALLE, T. L. Fertilidade de cruzamentos de variedade de mandioca. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 11., 2005, Campo Grande, MS. **Ciência e tecnologia para a raiz do Brasil: anais**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2005.

NASSAR, N. M. A. Wild *Manihot* species of Central Brazil for cassava breeding. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 58, p. 257-261, 1978a.

NASSAR, N. M. A. Some further species of *Manihot* with potential value to cassava breeding. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 58, p. 915-916, 1978b.

NASSAR, N. M. A. Genetic variation of wild *manihot* species native to Brazil and its potential for cassava improvement. **Field Crops Research**, v. 13, n. 1, p. 177-184, 1986

NASSAR, N.M.A. Wild cassava *Manihot* spp.: biology and potentialities for genetic improvement. **Genetics and Molecular Biology**, v.23, p.201-212, 2000.

NASSAR, N. M. A. Gene flow between cassava, *manihot* *esculenta* Crantz and wild relatives. **Genetics and Molecular Research**, p.334-347. 2003.

NASSAR, N. M. A.; ABREU, L. F. A.; TEODORO, D. A. P.; GRACIANO-RIBEIRO, D. Drought tolerant stem anatomy characteristics in *Manihot esculenta* Euphorbiaceae and a wild relative. **Genetics and Molecular Research**, v. 9, p 1023-1031. 2010

NASSAR, N. M. A.; ALVES, J.; SOUZA, E. UnB 033: An interesting interspecific cassava hybrid. **Revista Ceres**, v. 51, n. 296, p. 495-499, 2004.

NASSAR, N. M. A.; SILVA, J. R.; VIEIRA, C. Hibridação interespecífica entre mandioca e espécies silvestres de *Manihot*. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 38, p. 1058-1065. 1986.

NASSAR, N. M. A.; SOUZA, M. Amino acid profile in cassava and its interspecific hybrid. **Genetics and Molecular Research**, v. 6, p. 92-197, 2007.

NASSAR, N. M. A.; VIZZOTTO, C. S.; SCHWARTZ, C. A.; PIRES JUNIOR, O.R. Cassava diversity in Brazil:the case of carotenoid-rich landraces. **Genetics and Molecular Research**, v. 6, p. 116-121, 2007.

OJULONG, H.; LABUSCHANGNE, M. T.; FREGENE, M.; HERSELMAN, L. A cassava clonal evaluation trial based on a new cassava breeding scheme. **Euphytica**, v.160, n.1, p.119-129, 2008.

ROGERS, D. J.; APPAN, S. G. **Manihot, Manihotoides**. Flora Neotrópica. Monograph No. 13. Hafner: New York. 1973. 272 p.

VIEIRA, L. J. **Utilização de recursos genéticos do gênero *Manihot* no pré- melhoramento genético de mandioca**. 2010. 61 p. (Dissertação de Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Cruz das Almas.



Mandioca e Fruticultura

Ministério da
**Agricultura, Pecuária
e Abastecimento**

