

**Influência das distâncias
fenotípica e molecular de
genitores de batata na
capacidade de combinação**



Foto: Giovane Olegario da Silva

ISSN 1677-2229

Outubro, 2012

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Hortaliças
Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento*

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 86

Influência das distâncias fenotípica e molecular de genitores de batata na capacidade de combinação

Giovani Olegário da Silva

Arione da Silva Pereira

Fabio Suinaga

Embrapa Hortaliças
Brasília, DF
2012

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Hortaliças

Endereço: Rodovia BR-060, trecho Brasília-Anápolis, km 9

Caixa Postal 218

Brasília-DF

CEP 70.351-970

Fone: (61) 3385.9000

Fax: (61) 3556.5744

Home page: www.cnph.embrapa.br

E-mail: sac@cnph.embrapa.br

Comitê Local de Publicações da Embrapa Hortaliças

Presidente: Warley Marcos Nascimento

Editor Técnico: Fabio Akyoshi Suinaga

Supervisor Editorial: George James

Secretária: Gislaíne Costa Neves

Membros: Agnaldo Donizete Ferreira de Carvalho

Carlos Alberto Lopes

Ítalo Morais Rocha Guedes

Jadir Borges Pinheiro

José Lindorico de Mendonça

Mariane Carvalho Vidal

Neide Botrel

Rita de Fátima Alves Luengo

Normalização bibliográfica: Antonia Veras

Editoração eletrônica: André L. Garcia

1ª edição

1ª impressão (2012): 1.000 exemplares

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 Hortaliças

SILVA, G. O. da

Influência das distâncias fenotípica e molecular de genitores de batata na capacidade de combinação / Giovani Olegário da Silva, Arione da Silva Pereira, Fábio Suinaga. – Brasília, DF : Embrapa Hortaliças, 2012.

16 p. – (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Hortaliças ; 86).

ISSN 1677-2229

1. Batata. 2. Variação genética. 3. Solanum tuberosum. I. Pereira, A. da S. II. Suinaga, F. A. III. Título. IV. Série.

CDD 633.491

©Embrapa, 2012

Sumário

Resumo	5
Abstract.....	7
Introdução.....	9
Material e Métodos.....	10
Resultados e Discussão.....	12
Conclusões.....	18
Referências	18

Influência das distâncias fenotípica e molecular de genitores de batata na capacidade de combinação

*Giovani Olegário da Silva*¹

*Arione da Silva Pereira*²

*Fabio Suinaga*³

Resumo

O objetivo deste trabalho foi verificar o efeito das distâncias fenotípicas e moleculares entre genitores de batata nas suas capacidades de combinação. Para tanto, foram conduzidos experimentos na Embrapa Clima Temperado, onde foi avaliada uma população híbrida de batata obtida a partir de cruzamentos entre cinco genitores. Cada cruzamento originou uma das seis progênes analisadas na forma de um fatorial de dois grupos de genitores (2x3). Em 2004, sementes botânicas originaram plântulas que foram transplantadas para sacos plásticos contendo dois litros de substrato, em delineamento em blocos ao acaso com três repetições. A parcela experimental foi composta por 15 plântulas (uma em cada saco) de cada cruzamento. Adicionalmente, foram cultivados tubérculos dos genitores para extração do DNA e posterior análise de marcadores AFLP. Em 2005, um tubérculo

¹ Eng. Agr., DSc. Embrapa Hortaliças. Brasília, DF – olegario@cnph.embrapa.br

² Eng. Agr., DSc. Embrapa Clima Temperado. Brasília, DF – arione@cpact.embrapa.br

³ Eng. Agr., DSc. Embrapa Hortaliças. Brasília, DF – fabio@cnph.embrapa.br

mediano de cada planta foi cultivado a campo no mesmo delineamento do ano anterior. Após ambas as colheitas, foram avaliados sete caracteres fenotípicos nos tubérculos. Os dados fenotípicos foram submetidos à análise dialélica parcial de variância e também estimaram a distância generalizada de Mahalanobis (D^2). Também foi estimada a distância molecular dos dados do AFLP pelo coeficiente de Jaccard. Além disto, foi realizada a correlação fenotípica entre as medidas de distância, o desempenho médio das combinações e as capacidades de combinação. Verificou-se que a utilização de genitores mais distantes fenotipicamente proporciona a obtenção de efeitos aditivos nos cruzamento favorecendo película mais lisa. Fato análogo é obtido para maior distância molecular, que favorece melhor aparência de tubérculo para genes aditivos e aspereza de tubérculos para genes não aditivos. Para os caracteres número e rendimento de tubérculos, maiores distâncias fenotípicas desfavorecem a ação de genes não aditivos, que também são importantes no melhoramento da batata.

Influence of the phenotypic and molecular distance among potato genitors in the combination capacities

Abstract

The objective of this study was to verify the phenotypic effect and the molecular distance between potato genotypes in their combining abilities. The experiments were assessed in Embrapa Clima Temperado. It was evaluated a hybrid population of potato originated from crosses among five genitors. Each cross originated one of the six families analyzed in a factorial design of two groups of genotypes (2x3). In 2004, seedlings from botanical seeds, were transplanted to plastic bags containing 2 liters of substrate. The experimental design was the randomized block, with three replications. Each plot represented by 15 seedlings (one in each bag) of each cross. In 2005, an average size tuber was cultivated in the field with the same experimental design of the last year. After both harvests it was evaluated seven phenotypic characters of the tubers. Additionally, genitors were grown for DNA extraction and AFLP analysis. Based on phenotypic data it was accomplished the partial diallel analysis of variance, as well as the estimation of the Mahalanobis' distance (D^2). Besides, it was calculated the phenotypic correlation between the distances, the

average performance of the combinations and the combining abilities. Moreover, data from AFLP molecular markers were used to estimate the distances between the genotypes based on Jaccard 's coefficient. Based on phenotypical characters, it was found that crosses from more distant genitors, provides additive effects on smooth skin. The same fact is obtained for molecular distance, which improves better tuber appearance for additive genes and smooth skin for non-additive genes. Regarding the characters number of tubers and high yields phenotypic distances act against the non-additive gene action, which are also important in potato breeding.

Keywords: *Solanum tuberosum* L., AFLP, breeding.

Introdução

Em batata, as diferenças a serem detectadas em relação às cultivares existentes são cada vez menores, mesmo com o aumento no número de caracteres avaliados. Todos estes fatores associados ao estreitamento da base genética da cultura (HAWKES, 1978), torna desafiador a identificação de genótipos com características superiores aos atuais. Portanto, como o melhoramento é uma atividade de longo prazo, este deve ser baseado em estratégias que possibilitem favorecer a máxima combinação de alelos diferentes para aumentar a heterose.

Os estudos de distância genética, onde diversos caracteres são avaliados simultaneamente, são de grande importância em programas de melhoramento por fornecerem informações sobre parâmetros de identificação da coleção de genitores, que possibilitem grande efeito heterótico na progênie, auxiliando na identificação da variabilidade genética e determinando, assim, maior probabilidade de recuperar genótipos superiores (CRUZ; REGAZZI, 1997; MOURA et al., 1999). A influência da distância genética, principalmente no caractere rendimento, tem sido pesquisada para uma série de espécies de plantas, com resultados diferenciados entre espécies e mesmo dentro de uma mesma espécie (DIAS et al., 2003, DIAS et al., 2004).

A utilização de médias de progênie, embora viável na identificação de combinações de cruzamentos superiores, torna-se difícil quando se avalia um número elevado de cruzamentos (BROWN et al., 1988; GOPAL, 1997, 1998). Já as metodologias de análise dialélica propiciam estimativas de parâmetros úteis na seleção de genitores para hibridação e no entendimento dos efeitos genéticos envolvidos na determinação dos caracteres (CRUZ; REGAZZI, 2001).

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi verificar o efeito das distâncias fenotípicas e moleculares entre genitores de batata nas suas capacidades de combinação.

Material e Métodos

Os experimentos foram conduzidos na Embrapa Clima Temperado em 2004 e 2005. Os híbridos avaliados foram obtidos a partir de cruzamentos controlados entre cinco genitores ('White Lady'/C-1750-15-95, 'White Lady'/2CRI-1149-1-78, 'White Lady'/'Eliza', 'Asterix'/C-1750-15-95, 'Asterix'/2CRI-1149-1-78 e 'Asterix'/'Eliza'). Cada cruzamento originou uma das seis progênes de híbridos F1 analisadas na forma de um fatorial de dois grupos de genitores (2x3).

No período de agosto a novembro de 2004, em estufa plástica, as sementes botânicas foram germinadas em sementeiras e as plântulas transplantadas para sacos plásticos, contendo 2 litros de substrato, com o objetivo de produzir minitubérculos. Os sacos plásticos foram distribuídos em blocos ao acaso com três repetições. Cada parcela foi composta de 15 plântulas (uma em cada saco). O espaçamento entre e dentro das linhas foi de 0,10 m. A colheita foi realizada aos 77 dias.

No período de agosto a novembro de 2005, um tubérculo de tamanho mediano de cada genótipo, padronizado para todas as plântulas, foi plantado a campo, utilizando o mesmo delineamento experimental de 2004, porém com espaçamento de 0,20 entre plantas e 0,80 entre linhas. Após a maturação, 110 dias, as plantas foram colhidas.

Os caracteres avaliados nos tubérculos de cada planta em ambas as gerações foram os seguintes: rendimento de tubérculos (g/planta); número de tubérculos por planta; massa média de tubérculos (g); e com notas de 1 a 5 com intervalos de 0,50 foram avaliados: formato de tubérculo (1- formato alongado, 5- redondo); uniformidade de formato de tubérculo (1- uniforme, 5- desuniforme); aspereza da película (1- lisa, 5- reticulada) e aparência de tubérculo (1- excelente, 5- péssima), escala adaptada de Love et al. (1997).

Foram cultivados tubérculos dos genitores e extraído o DNA genômico utilizado na quantificação da similaridade molecular entre os cinco

genótipos, com base em marcadores moleculares. A extração seguiu o protocolo descrito por Saghai-Marooft et al. (1984). Os reagentes e os procedimentos requeridos para análise com AFLP foram obtidos junto à *Life Technologies Inc.*, na forma de Kit completo. No trabalho foram empregadas cinco combinações de iniciadores (**C1**: E + ACC/M + CAT; **C2**: E + AGC/M + CTC; **C3**: E + ACT/M + CAC; **C4**: E + ACT/M + CAG; **C5**: E + ACT/M + CTT; **C6**: E + ACT/M + CTG; **C7**: E + ACT/M + CAA; **C8**: E + AGC/M + CTG, onde C: combinação de iniciadores; E: *EcoRI* e M: *MseI*). Os fragmentos amplificados foram separados eletroforéticamente, em gel desnaturante de poliacrilamida (6%) a uma potência constante de 60 W por um período de aproximadamente 1 h e 40 min. Para a visualização dos fragmentos amplificados e separados eletroforéticamente foi empregada a coloração com nitrato de prata, de acordo com o protocolo descrito por Creste et al. (2001). As bandas geradas pela técnica de AFLP foram classificadas como presente (1) e ausente (0) para os diferentes genitores. A similaridade molecular (SM) foi estimada de acordo com Jaccard. Subtraindo-se o valor de SM da unidade (1 - SM) foi obtida a dissimilaridade molecular.

Os dados foram submetidos à análise de variância conjunta, considerando efeitos fixos para geração e para genótipos. Procedeu-se ainda análise dialéctica parcial conjunta e a análise da distância generalizada de Mahalanobis (D^2), e análise das distâncias moleculares, com utilização do programa GENES (CRUZ, 2001). As matrizes de dissimilaridade foram transferidas para o programa NTSYSpc (ROHLF, 2000) para o agrupamento em dendrograma pelo método de agrupamento das distâncias médias (UPGMA) e diagnóstico das correlações cofenéticas entre as matrizes e os agrupamentos (ROHLF; SOKAL, 1981), bem com as correlações entre as matrizes (MANTEL, 1967).

O efeito das distâncias dos genitores de batata medidas por caracteres morfológicos e moleculares nas suas capacidades de combinação foi medida pelo coeficiente de correlação fenotípico. As capacidades gerais de combinação dos genitores foram correlacionadas com o desempenho

médio destes para cada caractere e com as distâncias de cada genitor em relação à média dos demais genitores. As capacidades específicas de combinação foram correlacionadas com as médias e as distâncias correspondentes a cada combinação dos genitores.

Resultados e Discussão

De acordo com a análise de variância pode-se verificar que, com exceção do caractere uniformidade de formato todos os demais apresentaram diferenças significativas (Tabela 1). A interação genótipo x geração foi significativa para formato, uniformidade de formato, número, rendimento e massa média de tubérculos, indicando que em relação a esses caracteres todos os genótipos não se apresentaram numa mesma ordem de classificação por desempenho. Portanto, é importante a avaliação em mais de uma geração, e a realização da análise conjunta na qual os efeitos da interação são subtraídos da variação residual. No entanto, para a maioria dos caracteres não houve interação entre geração e as capacidades gerais e específicas de combinação, desta forma, os cálculos foram realizados em conjunto para as duas gerações.

Para os genitores do grupo 1 ('White Lady' e 'Asterix'), verifica-se grande contribuição de efeitos aditivos, dadas as significâncias da capacidade geral de combinação (CGC) para a maioria dos caracteres, exceto para uniformidade de formato e número de tubérculos. Já para os genitores do grupo 2 (C-1750-15-95, 2CRI-1149-1-78 e 'Eliza'), verifica-se este efeito apenas para aspereza, número e rendimento de tubérculos (Tabela 1). Indicando que os genitores do primeiro grupo seriam superiores para caracteres de aparência e os genitores do grupo 2 teriam este efeito predominantemente para os caracteres de rendimento.

Os efeitos não aditivos - que para a batata também são importantes, devido a serem mantidos pela propagação clonal - e são determinados

pela capacidade específica de combinação (CEC), foram importantes para os caracteres formato e número de tubérculos, evidenciando que para as combinações de genitores analisadas houve relevância das ações gênicas desta natureza (GAUR et al., 1983).

Gopal (1998) verificou predominância de CEC significativas, ao passo que Maris (1989) relatou predominância de CGC. Além desses autores vários outros têm sido citados com resultados diferentes em relação à predominância de CGC ou CEC (KILLICK, 1977). Esta relação depende da população e dos caracteres considerados nos estudos, além do desenho experimental e/ou das condições ambientais (MARIS, 1989).

Os resultados encontrados para rendimento, aparência geral, número de tubérculos e massa média de tubérculo concordam com Bradshaw (2000), Barbosa e Pinto (1998) e Mullin e Lauer (1966). No entanto, discordam de Killick (1977) e de Maris (1989), que verificaram apenas CEC significativa para rendimento, número de tubérculos e massa média, e de Plaisted et al., (1962), que para rendimento, encontrou apenas CEC significativa.

Os coeficientes da correlação cofenética foram de 0,81 e 0,85, para as dissimilaridades fenotípica e molecular, respectivamente, indicando que os dados das matrizes estão bem representados nos dendrogramas (MANTEL, 1967).

Os dendrogramas possibilitaram a visualização do comportamento dos cruzamentos de acordo com as distâncias entre si (Figura 1). Comparando-se os dendrogramas, verifica-se que os genótipos não estiveram agrupados da mesma forma. Uma maneira de tornar a comparação entre as matrizes menos subjetiva é compara-las pelo cálculo da correlação (MANTEL, 1967). O valor de correlação entre as matrizes foi de 0,20, confirmando a diferença entre os agrupamentos. Isso pode ter ocorrido pela falta de relacionamento entre os marcadores moleculares que neste caso acessam o genoma ao acaso, e os caracteres fenotípicos (BERTAN, 2005).

TABELA 1. Resumo da análise de variância para as capacidades gerais (CGC) e específicas de combinação (CEC) e coeficiente de variação ambiental (CV) em batata. Pelotas, 2006.

Fonte de Variação		Quadrado Médio							
		ASP	APA	FOR	UFO	NTU	REN	MAM	
GL									
Cruzamentos (C)	5	0,56*	0,15*	0,05*	0,05	11,73*	8115*	11,33*	
CGC Grupo1	1	1,02*	0,38*	0,22*	0,08	0,54	9263	11,97*	
CGC Grupo2	2	0,77*	0,01	0,01	0,09	22,22*	12040*	11,27	
CEC 1 x 2	2	0,11	0,17	0,01*	0,01	6,83*	3616	11,07	
Geração (G)	1	4,74*	0,19	0,21	0,67	962,0*	1477752*	2615*	
C x G	5	0,08	0,18	0,05*	0,29*	11,18*	8443*	34,84*	
CGC Grupo1 x G	1	0,05	0,05	0,05*	0,25	7,04*	17495*	11,81	
CGC Grupo2 x G	2	0,12	0,10	0,09	0,53*	20,31	6435	37,79	
CEC 1 x 2 x G	2	0,05	0,34*	0,01	0,07	4,12	5925	43,41	
Resíduo	20	0,14	0,07	0,02	0,08	1,23	2101	19,08	
Média		3,58	2,55	2,97	3,79	10,09	280,38	25,53	
CV		10,53	10,73	3,02	7,50	12,46	16,35	17,11	

ASP: aspereza, APA: aparência geral de tubérculo, FOR: formato, UFO: uniformidade de formato, NTU: número de tubérculos, REN: rendimento, MAM: massa média. Significativo a 5% pelo teste F.

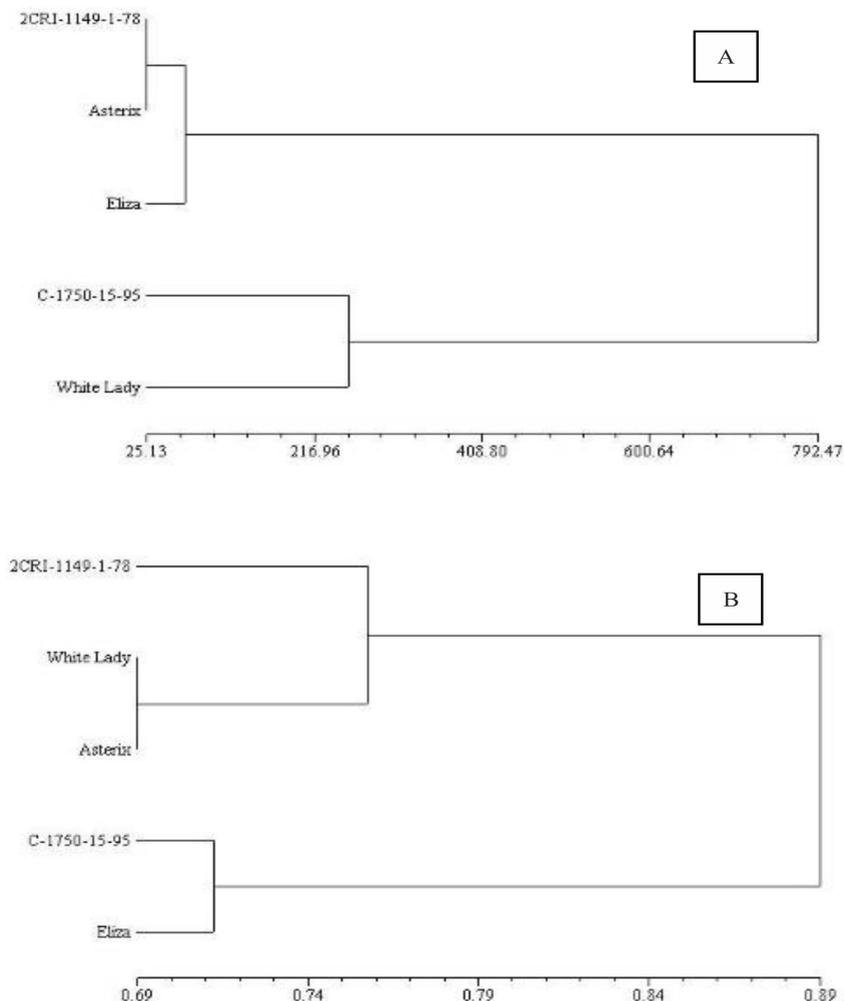


Figura 1. Dendrograma de distância fenotípica (A) e molecular (B) pelo método de agrupamento UPGMA. Pelotas, 2006.

Em relação a associação de medidas de distância com capacidades de combinação, estudos têm sido relatados na literatura para diversas espécies, contudo, os resultados não são concordantes, havendo relatos de que a correlação entre esses parâmetros variou de baixa a alta (DIAS; KAGEYAMA, 1997; FERREIRA et al., 1993, FUZZATO et al., 2002; LOISELLE et al. 1991).

Pode-se verificar que as medidas de distância não têm relação com a média dos genótipos. Já as distâncias médias das combinações possuem correlação com a média das combinações dos genitores para aspereza em relação à distância molecular das combinações e para número de tubérculos e rendimento, considerando a distância fenotípica das combinações. Para estes, quanto maior as distâncias, menor o número de tubérculos e o rendimento e a película tende a ser mais lisa (Tabela 2).

Verifica-se que a capacidade de combinação relaciona-se com a média dos genótipos para os caracteres aparência, uniformidade de formato, rendimento e massa média; sendo esta correlação forte apenas para rendimento, assim, para este último caractere, por meio da média pode-se fazer inferência sobre o potencial de dos genótipos para cruzamentos (FUZZATO et al., 2002). Já para aspereza, formato e número de tubérculos não houve correlação significativa, evidenciando que apenas a visualização da média do desempenho de um genitor não é suficiente para visualizar os efeitos aditivos, sendo necessário utilizar a análise dialélica. Fato semelhante é observado para a média das combinações e as CEC (Tabela 2).

As distâncias fenotípicas correlacionaram-se com a CGC apenas para aspereza; e as distâncias fenotípicas médias das combinações com CEC apenas para número de tubérculos e rendimento. Indicando que quanto maior a distância fenotípica maior é a contribuição com genes aditivos para a obtenção de película mais lisa; e quanto menor a distância entre os genitores em combinações específicas maior é a ação de genes não aditivos, que conforme comentado anteriormente, também são importantes em batata. Maior distância molecular também melhora a contribuição com genes aditivos para aparência geral e lisura de tubérculo; e contribui também com maior ação gênica não aditiva para combinações específicas em relação à aspereza. Para os outros caracteres as distâncias não interferem nas capacidades de combinação (Tabela 2). A associação de distância fenotípica com CEC para rendimento discorda de Loisel et al. (1991) e Gopal e Minocha (1997) que não verificaram correlação significativa. Em alguns casos, não é possível encontrar correlações significativas de distância fenotípica com

TABELA 2. Correlações entre estimativas de capacidades de combinação, desempenho médio das famílias e medidas de distância para caracteres de batata. Pelotas, 2006.

Caráter		CGC	Média gen.		CEC	Média com.
Aspereza	Média gen.	0,08		Média comb.	0,77*	
	Dfm	-0,66*	-0,46	Dfmc	-0,34	-0,42
	Dmm	-0,71*	-0,04	Dmmc	-0,66*	-0,86*
Aparência	Média gen.	0,75*		Média comb.	0,67*	
	Dfm	-0,06	-0,02	Dfmc	0,44	0,30
	Dmm	-0,67*	-0,11	Dmmc	0,16	-0,42
Formato	Média gen.	-0,50		Média comb.	-0,01	
	Dfm	-0,11	0,33	Dfmc	0,33	0,04
	Dmm	0,44	-0,04	Dmmc	-0,54	0,41
Unif. formato	Média gen.	0,70*		Média comb.	0,69*	
	Dfm	0,56	0,25	Dfmc	0,34	0,43
	Dmm	0,43	0,57	Dmmc	-0,05	0,18
Nº tubérculos	Média gen.	-0,19		Média comb.	0,89*	
	Dfm	-0,42	-0,20	Dfmc	-0,87*	-0,76*
	Dmm	-0,12	-0,39	Dmmc	-0,10	-0,20
Rendimento	Média gen.	0,90*		Média comb.	0,82*	
	Dfm	-0,24	-0,48	Dfmc	-0,70*	-0,68*
	Dmm	-0,17	-0,57	Dmmc	-0,01	-0,32
Peso médio	Média gen.	0,66*		Média comb.	0,86*	
	Dfm	-0,01	-0,08	Dfmc	-0,02	-0,05
	Dmm	-0,17	0,07	Dmmc	0,10	-0,27

*significativo a 5% de probabilidade pelo teste t.

Dfm: distância fenotípica média, Dmm: distância molecular média, Dfmc: distância fenotípica média da combinação, Dmmc: distância molecular média da combinação, Média gen.: média dos genótipos, Média comb.: média da combinação.

rendimento, principalmente em culturas, ou estações de melhoramento, onde a base genética dos materiais utilizados em cruzamentos é estreita (LOISELLE et al., 1991; LUTHRA et al., 2005).

Conclusões

A utilização de genitores mais distantes fenotipicamente proporciona a obtenção de efeitos aditivos nos cruzamento favorecendo película mais lisa. O mesmo é obtido para maior distância molecular, que favorece melhor aparência de tubérculo para genes aditivos e aspereza de tubérculos para genes não aditivos.

Para os caracteres número e rendimento de tubérculo maiores distâncias fenotípicas desfavorecem a ação de genes não aditivos, que também são importantes no melhoramento da batata.

Agradecimentos

Ao CNPq pelo auxílio financeiro ao Programa de Melhoramento Genético de Batata da Embrapa.

Referências

BARBOSA, M. H. P.; PINTO, C. A. B. P. Análise dialélica parcial entre cultivares de batata nacionais e introduzidas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 33, p. 307-320, 1998.

BERTAN, I. **Distância genética como critério para escolha de genitores em programas de melhoramento de trigo (*Triticum aestivum* L.)**. 2005. 100 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

BRADSHAW, J. E.; TODD, D.; WILSON, R. N. Use of progeny tests for genetical studies as part of a potato (*Solanum tuberosum* subsp. *tuberosum*) breeding programme. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 100, p. 772-781, 2000.

BROWN, J. The use of cross prediction methods in a potato breeding programme. **Theoretical Applied Genetics**, Berlin, v. 76, p. 33-38, 1988.

CRESTE, S.; TULMANN-NETO, A.; FIGUEIRA, A. Detection of single sequence repeat polymorphism in denaturing polyacrylamide sequencing gels by silver staining. **Plant Molecular Biology Reporter**, Athens, v. 19, p. 1-8, 2001.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. Divergência genética In: CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Métodos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, MG: UFV, 1997. Cap. 6, p. 287-324.

CRUZ, C. D. **Programa GENES**: aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa, MG: UFV, 2001. 648 p.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Métodos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, MG: UFV, 2001. 390 p.

DIAS, L. A. S.; KAGEYAMA, P. Y. Multivariate genetic divergence and hybrid performance of cacao (*Theobromacacao* L.). **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 20, p. 63-70, 1997.

DIAS, L. A. S.; MARITA, J.; CRUZ, C. D.; BARROS, E. G. de; SALOMÃO, T. M. F. Genetic distance and its association with heterosis in cacao. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 46, p. 339-347, 2003.

DIAS, L. A. S.; PICOLI, E. A. de T.; ROCHA, R. B.; ALFENAS, A. C. A priori choice of hybrid parents in plants. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v. 3, p. 356-368, 2004.

FERREIRA, D. F.; REZENDE, G. D. S. P.; RAMALHO, M. A. P. An adaptation of Griffing's method IV of a complete diallel cross analysis for experiments repeated in several environments. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 16, p. 357-366, 1993.

FUZZATO, S. R.; FERREIRA, D. F.; RAMALHO, M. A. P.; RIBEIRO, P. H. E. Divergência genética e sua relação com os cruzamentos dialélicos na cultura do milho. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 1, p. 22-32, 2002.

GAUR, P. C.; GOPAL, J.; RANA, M. S. Combining ability for yield, its components and tuber dry matter in potato. **Indian Journal of Agriculture and Sciences**, New Delhi, v. 53, p. 876-879, 1983.

GOPAL, J. Progeny selection for agronomic characters in early generations of a potato breeding programme. **Theoretical Applied Genetics**, Berlin, v. 95, p. 307-311, 1997.

GOPAL, J. Identification of superior parents and crosses in potato breeding programmes. **Theoretical Applied Genetics**, Berlin, v. 96, p. 287-293, 1998.

GOPAL, J.; MINOCHA, J. L. Genetic divergence for cross prediction in potato. **Euphytica**, Wageningen, v. 97, p. 269-275, 1997.

HAWKES, J. G. History of the potato. In: HARRIS, P. M. **The potato crop: the scientific basis for improvement**. London: Chapman & Hall, 1978. p. 1-14.

KILLICK, R. J. Genetic analysis of several traits in potatoes by means of a diallell cross. **Annals of Applied Biology**, Warwick, v. 86, p. 279-289, 1977.

LOISELLE, F.; TAI, G. C. C.; CHRISTIE, B. R. Pedigree, agronomic and molecular divergence of parents in relation to progeny performance in potato. **Potato Research**, Wageningen, v. 34, p. 305-316, 1991.

LOVE, S. L.; WERNER, B. K.; PAVEK, J. J. Selection for individual traits in the early generations of a potato breeding program dedicated to producing cultivars with tubers having long shape and russet skin. **American Potato Journal**, Orono, v.74, p. 199-213, 1997.

LUTHRA, S. K.; GOPAL, J.; SHARNA, P. C. Genetic divergence and its relationship with heterosis in potato. **Potato Journal**, Shimla, v. 32, p. 37-42, 2005.

MANTEL, N. The detection of disease clustering and a generalized regression approach. **Cancer Research**, Baltimore, v. 27, n. 2, p. 209-220, 1967.

MARIS, B. Analysis of an incomplete diallel cross among three ssp. *tuberosum* varieties and seven long-day adapted ssp. *andigena* clones of the potato (*Solanum tuberosum* L.). **Euphytica**, Wageningen, v. 41, p. 163-182, 1989.

MOURA, W. M.; CASALI, V. W. D.; CRUZ, C. D. Divergência genética em linhagens de pimentão em relação a eficiência nutricional de fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, p. 217-224, 1999.

MULLIN, R.; LAUER, F. I. Breeding behavior of F1 and inbred potato clones. **Proceedings of the American Society for Horticulture Science**, Alexandria, v. 89, p. 449-455, 1966.

PLAISTED, R. L.; SANFORD, L.; FEDERER, W. T.; KEHR, A. E.; PETERSON, L. C. Specific and general combining ability for yield in potatoes. **American Potato Journal**, Orono, v. 39, p. 185-197, 1962.

ROHLF, F. J. **NTSYSpc numerical taxonomy and multivariate analysis system version 2.1**. Setauket: Exeter Software, 2000.

ROHLF, F. J.; SOKAL, R. R. N. Comparing numerical taxonomic studies. **Systematic Zoology**, v. 30, p. 459-499, 1981.

SAGHAI-MAROOF, M. A.; SOLIMAN, K. M.; JORGENSEN, R. A. Ribosomal DNA spacer length polymorphism in barley: Mendelian inheritance, chromosome location and population dynamics. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the U.S.A.**, Washington, v. 89, n. 2, p. 1477-1481, 1984.