

Capacidade combinatória de linhagens de pimentão a partir de análise dialélica multivariada

Ildon Rodrigues do Nascimento^{1*}, Wilson Roberto Maluf², Luciano Donizete Gonçalves⁴, Marcos Ventura Faria³, Juliano Tadeu Vilela de Resende³ e Douglas Willian Nogueira²

¹Fundação Universidade Federal do Tocantins, Cx. Postal 66, Gurupi, Tocantins, Brasil. ²Departamento de Agricultura, Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais, Brasil. ³Universidade Estadual do Centro-Oeste, Rua Simeão Camargo Varela de Sá, 3, Cx. Postal 3010, 85040-080, Guarapuava, Paraná, Brasil. ⁴Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, Sete Lagoas, Minas Gerais, Brasil. *Autor para correspondência. E-mail: nascimento_ildon@yahoo.com.br

RESUMO. O trabalho teve como objetivo gerar informações sobre a capacidade combinatória de linhagens de pimentão por meio da análise dialélica multivariada. Foram utilizadas 13 linhagens de pimentão previamente selecionadas com base na reação ao mosaico amarelo do pimentão, sendo oito linhagens com reação do tipo resistência e cinco com reação do tipo suscetibilidade, num dialélico 8 x 5, mais as linhagens parentais. Os 53 tratamentos foram avaliados em estufa em delineamento de blocos casualizados com quatro repetições, sendo avaliadas a produção total e precoce de frutos, massa média de frutos e altura de plantas. A partir dessas quatro características foi realizada a análise dialélica univariada e multivariada. A análise dialélica multivariada apresentou resultados semelhantes às análises dialélicas univariadas, com predominância dos efeitos não-aditivos. Estimativas favoráveis para CGC ocorreram para as características produção total e precoce de frutos nas linhagens PIX-031D-188-14-10 e PIM-013 nos grupos 1 e 2, respectivamente. As linhagens PIX-031D-171-10-10, PIX-031D-188-14-05 e PIM-004 destacaram-se para massa média de frutos e altura de plantas. As estimativas de CEC variaram bastante para as características avaliadas. A utilização da análise dialélica multivariada é uma boa opção para escolha de genitores, pois considera vários caracteres simultaneamente.

Palavras-chave: *Capsicum annuum*, heterose, efeito gênico, seleção.

ABSTRACT. **Combining ability of sweet pepper lines by multivariate diallel analysis.** The objective of this work was to obtain information on the combining ability of sweet pepper lines by multivariate diallel analysis. Thirteen sweet pepper lines previously selected based on the reaction of sweet pepper yellow mosaic, being eight lines with resistance reaction and five susceptible lines, were used in a 8x5 partial diallel evaluated with the parental lines. The 53 genotypes were evaluated in greenhouse trials in a randomized blocks design with four replications. The traits total fruit yield, early fruit yield, mean fruit mass and plant height were evaluated. From these four traits, a univariate and multivariate diallel analysis was performed. Multivariate diallel analysis results were similar to those from univariate diallel analyses, with a predominance of non-additive effects. Favorable estimates of the GCA occurred for total fruit yield and early fruit yield in PIX-031D-188-14-10 and PIM-013 in groups 1 and 2, respectively. The PIX-031D-171-10-10, PIX-031D-188-14-05 and PIM-004 lines were higher for mean fruit mass and plant height. The SCA estimates varied considerably for the evaluated features. Multivariate diallel analysis is a good option for parental choice, since it considers several characters simultaneously.

Key words: *Capsicum annuum*, heterosis, gene effects, selection.

Introdução

No melhoramento genético do pimentão, a seleção de linhagens para obtenção de híbridos representa um dos pontos fundamentais, pois possibilita a combinação de alelos favoráveis na geração F₁ entre genitores diferentes, com o intuito de produzir novas cultivares mais produtivas e adaptadas. Dentre as técnicas que auxiliam na escolha de linhagens superiores, os cruzamentos

dialélicos têm sido largamente utilizados pelos melhoristas, possibilitando a obtenção de informações de um grupo de genitores, a partir da sua capacidade de combinação.

Comumente, os resultados da análise dialélica são gerados em análises univariadas na avaliação de um grupo de genitores. Contudo, os melhoristas necessitam considerar vários caracteres simultaneamente, para melhor inferir sobre a superioridade relativa dos mesmos. Pode ocorrer que

algumas variáveis quando analisadas isoladamente não apresentam diferenças significativas entre os genitores e/ou populações em estudo (MARTINS et al., 2003). Esse fato pode ser atribuído ao acúmulo das diferenças das variáveis individuais como também pelas diferenças entre combinações lineares dessas variáveis.

Entre as metodologias comumente utilizadas na escolha de genitores, citam-se a de Griffing (1956) e a proposta por Gardner e Eberhart (1966) adaptada para o dialelo parcial por Miranda Filho e Geraldi (1984). Essa última metodologia permite o desdobramento detalhado do efeito da heterose em heterose média, heterose do genitor e heterose específica, contudo, tem sido utilizada com maior frequência para o caso univariado.

Na literatura, existem trabalhos (LEDO et al., 2003; GOMES et al., 2006) que desenvolveram expressões para a realização da análise dialélica multivariada a partir da metodologia proposta por Miranda Filho e Geraldi (1984), no entanto, ainda não foram utilizadas na avaliação de genótipos de pimentão.

O desempenho de híbridos em plantas autógamias, entre elas o pimentão, tem sido normalmente avaliado em modelos alternativos de cruzamentos, como por exemplo, em dialelos parciais (BERNARDO, 2003). Nesses, além das estimativas da capacidade geral (CGC) e específica (CEC) de combinação, que representam, respectivamente, a presença e magnitude dos efeitos gênicos aditivos e não-aditivos, é possível estimar também, o efeito da heterose, sem que seja necessária a realização de cruzamentos entre todos os parentais (CRUZ; REGAZZI, 2001).

Tanto os efeitos gênicos aditivos quanto os não-aditivos (interações do tipo dominância e ou epistasia) são importantes para o desempenho médio dos principais caracteres em pimentão. Por isso, o comportamento per se de uma linhagem não fornece informação suficiente para prever seu comportamento em combinações híbridas (BERNARDO, 2003).

Vários trabalhos relatam a presença de heterose em híbridos de pimentão para os caracteres da produção total e precoce, massa média de frutos, comprimento e largura de frutos (MIRANDA et al., 1988; TAVARES et al., 1997; PATEL et al., 1998; MALUF et al., 1999; DOSHI et al., 2001).

No presente estudo foram avaliados híbridos obtidos de dois grupos de genitores que diferem para vários caracteres, entre eles a reação ao mosaico amarelo causado pelo *Potyvirus* PepYMV (*Pepper yellow mosaic virus*), uma das principais doenças viróticas do pimentão (INOUE-NAGATA et al.,

2001). Nesse contexto, o objetivo do trabalho foi gerar informações sobre a capacidade combinatória de linhagens de pimentão a partir da análise dialélica multivariada, e também estimar a heterose e os efeitos dos genitores em cruzamento dialélico.

Material e métodos

Os experimentos foram realizados no Setor de Produção de Sementes da HortiAgro Sementes Ltda., município de Ijaci, Estado de Minas Gerais, em 2005. A altitude da região é de 920 m, com 21°14'16" de latitude Sul e 45°08'00" de longitude e precipitação anual variando de 1.100 a 2.000 mm.

Foram utilizadas 13 linhagens de pimentão divididas em dois grupos. O primeiro grupo (G1) refere-se a oito linhagens com reação do tipo resistência ao mosaico amarelo [parentais femininos (1 - PIX-031D-165-04-01; 2 - PIX-031D-171-10-04; 3 - PIX-031D-171-10-08; 4 - PIX-031D-171-10-10; 5 - PIX-031D-188-14-05; 6 - PIX-031D-188-14-07; 7 - PIX-031D-188-14-10; 8 - PIX-031D-205-04-07)]. O outro grupo (G2) foi constituído de cinco linhagens [parentais masculinos (9 - Myr-29; 10 - PIM-003; 11 - PIM-004; 13 - PIM-013; 13 - PIM-016)] que, com exceção da linhagem Myr-29, apresentam reação do tipo suscetibilidade ao mosaico amarelo.

Foram obtidos os 40 híbridos experimentais a partir de cruzamentos controlados entre as linhagens do Grupo 1 e as linhagens do Grupo 2, correspondendo a um dialelo parcial 8 x 5. Esses híbridos e as 13 linhagens parentais constituíram os 53 tratamentos que foram avaliados em casa-de-vegetação no delineamento de blocos casualizados com quatro repetições. As mudas foram produzidas em bandejas de isopor de 128 células, utilizando substrato comercial mais casca de arroz carbonizada na proporção de 2:1. As plantas foram transplantadas para estufas no estádio de quatro a seis folhas definitivas. Cada parcela experimental constou de oito plantas espaçadas de 0,80 m entre fileira e 0,45 m entre plantas na fileira. Os tratos culturais foram realizados de acordo com as recomendações de cultivo comercial do pimentão em estufa, fazendo-se irrigações por gotejamento, adubações, pulverizações, capinas, desbrotas e amarrios.

Foram avaliadas as seguintes características: produção total de frutos (PRODT) - foram somadas as produções de frutos colhidos em cada parcela durante seis colheitas e os dados foram expressos em t ha⁻¹; massa média por fruto (MMF) - obtida pela divisão da massa total de frutos colhidos em cada parcela pelo respectivo número total de frutos, sendo expressa em g fruto⁻¹; produção

precoce de frutos (PRODP) – correspondente às produções de frutos por parcela nas três primeiras colheitas, expressa em t ha⁻¹; altura de planta (ALT) - tomou-se a média (em cm) da altura de seis plantas competitivas por parcela na última colheita (156 dias após o transplante).

Com base nos resultados médios obtidos em cada repetição, procedeu-se à análise de variância e dialética para cada variável, segundo a metodologia de Gardner e Eberhart (1966) e adaptada para o dialelo parcial por Miranda Filho e Geraldi (1984).

A análise multivariada foi realizada de acordo com a metodologia adaptada por Ledo et al. (2003) e Gomes et al. (2006) para o modelo de Miranda Filho e Geraldi (1984). A significância dos efeitos da análise dialética multivariada foi verificada pelo teste de Wilks e por meio da aproximação de F, segundo Ledo et al. (2003). Foram obtidas também as estimativas de g_i e g_j a partir das expressões: $g_i = 0,5 l_i + h_i$ e $g_j = 0,5 l_j + h_j$, desenvolvidas por Gardner e Eberhart (1966) e adaptada por Geraldi e Miranda Filho (1988) para dialelos parciais.

Resultados e discussão

Na análise de variância univariada para o dialelo parcial foram constatados efeitos significativos para todas as variáveis para as fontes de variação tratamentos, genitores dos Grupos G1 e G2 e para heterose, com exceção da variável massa média de frutos, em que a significância foi observada apenas para heterose específica (Tabela 1). Aparentemente, a significância desses efeitos mostra que para esses caracteres o comportamento das linhagens avaliadas nos híbridos não é previsível, concordando com os resultados de Patel et al. (1998), Miranda et al. (1988), Maluf et al. (1999), Mamedov e Pyshnaja (2001) e Doshi et al. (2001).

Efeito significativo de heterose para massa média de frutos indica que o caráter foi influenciado pela participação tanto dos efeitos aditivos refletidos na significância dos efeitos de linhagens nos Grupos 1 e 2, quanto dos efeitos não-aditivos refletidos na significância da heterose e de seus desdobramentos, no caso principalmente da heterose específica (Tabela 1). Resultados semelhantes foram encontrados por Miranda et al. (1988) e Gomide et al. (2003).

Na Tabela 2 é apresentada a análise de variância para a extensão multivariada do modelo de análise dialética proposta por Gardner e Eberhart (1966) e adaptada por Miranda Filho e Geraldi (1984). Pelo critério de Wilks, utilizando-se a aproximação de F, foi observada a rejeição da hipótese de igualdade dos

efeitos de tratamentos ($p < 0,01$). Desdobrando-se o efeito de tratamentos, observou-se que os genitores não são homogêneos dentro de cada grupo e que há diferença significativa entre os grupos de linhagens avaliadas. Também foi verificada manifestação de heterose para o conjunto de variáveis estudadas, concordando com os resultados de Oliveira et al. (1998). O desdobramento do efeito da heterose foi significativo apenas para heterose do Grupo 1 (G1) e para heterose específica. A significância da heterose específica corrobora os resultados obtidos na análise univariada que foi significativa para todas as variáveis, evidenciando a importância dos efeitos não-aditivos na expressão desses caracteres em pimentão.

Tabela 1. Resumo da análise de variância univariada do dialelo parcial 8 x 5 envolvendo 13 linhagens de pimentão para a produção total de frutos (PRODT), massa média de frutos (MMF), produção precoce de frutos (PRODP) e altura de plantas (ALT).

F.V.	G.L.	QM			
		PRODT (t ha ⁻¹)	MMF (g)	PRODP (t ha ⁻¹)	ALT (cm)
Tratamentos	52	226,54**	2091,02**	179,40**	1091,43**
Linhagens G1 vs G2	1	371,82*	5264,51**	235,16*	0,17 ^{ns}
Linhagens G1	7	156,02*	2416,62**	186,37**	3726,73**
Linhagens G2	4	382,76**	14834,25**	212,43**	1735,40**
Heterose	40	219,63**	680,73 ^{ns}	173,48**	593,14**
Heterose média	1	1251,07**	498,05 ^{ns}	16665,67**	387,76 ^{ns}
Heterose G1	7	411,68**	497,99 ^{ns}	158,45**	1109,03**
Heterose G2	4	262,09**	395,80 ^{ns}	205,78**	494,12 ^{ns}
Heterose específica	28	128,71**	773,62**	119,34**	485,74*
Resíduo	195	74,82	225,29	36,74	309,98
Média Geral		67,04	204,02	44,87	131,83
CV (%)		13,06	7,77	13,11	14,52

* e **significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; ns: não significativo.

A análise de variância multivariada apresentou efeito significativo para as fontes de variação tratamentos, heterose e heterose específica, semelhante ao observado nas análises de variância univariadas. Na maioria das fontes de variação que apresentaram efeito não-significativo nas análises de variância univariadas (Tabela 1), foi observada também baixa significância nas análises de variância multivariada (Tabela 2). Esse resultado mostra que as informações da análise multivariada podem ser utilizadas sem perda de informação para obtenção das estimativas da importância dos efeitos gênicos aditivos e não-aditivos em cruzamentos dialélicos que visem à seleção de híbridos e/ou de genitores ou até mesmo para obtenção de avanços genéticos considerando um conjunto de caracteres. Resultados semelhantes foram obtidos por Gomes et al. (2006) em milho, por Silva et al. (2008) em batata e Portis et al. (2006) em pimentão.

Tabela 2. Resumo da análise de variância multivariada do dialelo parcial 8 x 5, envolvendo 13 linhagens de pimentão com a estatística de Wilks (Λ) por fonte de variação, aproximação de F (F) e graus de liberdade utilizados para o teste de F (v_1 e v_2).

F.V.	Λ	F	v_1	v_2	$p > F^*$
Tratamentos	0,5086	2,9543	52	159	0,0001
Linhagens G1 vs G2	0,9757	1,2447	1	50	0,2699
Linhagens G1	0,5149	3,2303	7	24	0,0147
Linhagens G2	0,4084	5,4322	4	15	0,0066
Heterose	0,5589	2,4268	40	123	0,0001
Heterose média	0,9999	0,0014	1	50	0,9702
Heterose G1	0,5748	2,5358	7	24	0,0419
Heterose G2	0,6730	1,8215	4	15	0,1772
Heterose Específica	0,5360	2,7260	28	87	0,0002

*probabilidade do teste F.

As estimativas dos efeitos de linhagens (l_i e l_j), de heterose (h_i e h_j) e da capacidade geral de combinação (g_i e g_j) dos genitores de cada grupo (G1 e G2) são apresentadas na Tabela 3. Com exceção da altura de plantas, valores positivos para essas estimativas são favoráveis, pois indica que o genitor contribui favoravelmente para o caráter.

Os efeitos *per se* do genitor (l_i e l_j) é um indicativo da superioridade ou inferioridade do mesmo em relação à frequência de alelos favoráveis dos genitores dentro de cada grupo. Para o conjunto de características avaliadas, houve uma grande variação dos efeitos dos genitores nos dois grupos (G1 e G2) confirmando a existência de divergência genética associada principalmente aos genes de efeitos aditivos dentro dos grupos de genitores. Para esse caso, em geral, nenhum dos genitores apresentou todos os alelos favoráveis na direção desejada para todas as características, indicando que a partir do melhoramento é possível se obter novas linhagens superiores a partir da junção dos alelos existentes em genitores diferentes.

A estimativa de heterose (h_i e h_j) variou bastante dentro de cada grupo (G1 e G2) (Tabela 3). Essas

estimativas demonstram que existe divergência genética entre os genitores com elevado potencial heterótico e, quando presente é um indicativo da existência da presença de locos com dominância contrastantes em relação às frequências alélicas médias dentro de cada grupo, estando associado nesse caso a efeitos não-aditivos, principalmente dominância.

Em geral, quando os efeitos de genitores e heterose são analisados conjuntamente, observam-se casos de genitores com efeitos positivos para linhagens e heterose, positivo para linhagem e negativos para heterose ou vice-versa. Esse fato indica que esses genitores podem ter desempenho *per se* bom ou ruim e ainda apresentar divergência genética relativamente baixa ou alta condicionada pela presença de locos com efeitos de dominância, porém obtidas de forma isolada.

As estimativas da capacidade geral de combinação (CGC) foram obtidas a partir da metodologia desenvolvida por Gardner e Eberhart (1966) e adaptada por Geraldi e Miranda Filho (1988) para dialelos parciais, em que: $g_i = 0,5 l_i + h_i$ e $g_j = 0,5 l_j + h_j$. Nesse caso, a estimativa de CGC para cada genitor é desdobrada num efeito pelo potencial do desempenho *per se* e num componente heterótico. Por isso suas estimativas refletem melhor o real potencial da linhagem em contribuir favoravelmente ou não para expressão do caráter em relação ao comportamento médio do grupo.

Para os caracteres produção total e produção precoce de frutos, estimativas favoráveis e relativamente elevadas para CGC foram observadas nas linhagens 7 - PIX-031D-188-14-10 e 10 - PIM-013, no Grupos 1 e 2, respectivamente.

Tabela 3. Estimativas da média (μ) dos efeitos de linhagens (l_i e l_j), heterose (h_i e h_j) e da capacidade geral de combinação (g_i e g_j) do dialelo parcial 8 x 5, envolvendo 13 linhagens de pimentão para a produção total de frutos (PRODT), massa média de frutos (MMF), produção precoce de frutos (PRODP) e altura de plantas (ALT).

μ	PRODT (t ha ⁻¹)			MMF (g fruto ⁻¹)			PRODP (t ha ⁻¹)			ALT (cm)		
	l_i	h_i	g_i	l_i	h_i	g_i	l_i	h_i	g_i	l_i	h_i	g_i
	62,78			200,66			39,94			129,383		
Linhagens G1												
1	-2,29	-5,23	-6,38	10,81	5,35	0,09	-5,07	-3,06	-5,59	28,30	-18,23	-4,08
2	9,01	-5,29	-0,78	12,99	-9,72	-3,28	4,97	-2,01	0,47	-15,95	10,55	2,57
3	9,91	-11,5	-6,56	6,69	-12,1	-8,82	2,65	-6,28	-4,96	5,61	-12,03	-9,23
4	-9,75	8,48	3,61	7,62	6,52	10,33	-7,04	6,35	2,82	-8,95	15,07	10,60
5	0,91	-1,19	1,64	-5,68	3,61	0,77	-0,32	-0,54	-0,70	-24,39	0,47	-11,73
6	-4,49	2,86	0,62	-15,97	-3,09	-11,08	4,86	-1,21	1,22	-9,45	3,51	-1,22
7	-2,60	6,94	5,63	-22,98	6,90	-4,71	-0,38	5,25	5,06	-22,58	5,08	-6,20
8	-0,70	2,57	2,22	28,17	2,66	16,70	0,34	1,51	1,68	47,42	-4,42	19,30
Erro-padrão	4,05	2,72	1,84	7,41	4,97	3,29	2,75	1,84	1,24	8,95	6,00	4,39
Linhagens G2												
9	15,33	-8,74	-1,08	-1,08	-5,85	-15,30	11,14	-7,21	-1,64	4,81	0,44	2,85
10	4,44	1,69	3,91	-39,43	-4,79	-24,52	3,18	2,21	3,80	14,06	-4,04	2,98
11	-0,36	1,11	0,93	30,47	5,92	21,15	0,90	-1,10	-0,68	-14,63	-4,85	-12,16
12	-10,53	2,81	-2,46	13,32	7,11	13,77	-8,98	2,81	-1,68	-13,50	11,63	4,88
13	-8,87	3,13	-1,30	14,70	-2,40	4,95	-6,24	3,32	0,20	9,25	-3,18	1,45
Erro-padrão	3,88	2,37	1,39	7,08	4,34	2,56	2,63	1,61	0,94	8,56	5,24	3,32

Em que: 1 - PIX-031D-165-04-01; 2 - PIX-031D-171-10-04; 3 - PIX-031D-171-10-08; 4 - PIX-031D-171-10-10; 5 - PIX-031D-188-14-05; 6 - PIX-031D-188-14-07; 7 - PIX-031D-188-14-10; 8 - PIX-031D-205-04-07; 9 - Myr-29; 10 - PIM-003; 11 - PIM-004; 12 - PIM-013; 13 - PIM-016.

Com relação à massa média de frutos, destacaram-se as linhagens 4 - PIX-031D-171-10-10 e 11 - PIM-004. Quando o objetivo é o desenvolvimento de híbridos de pimentão para cultivo em casa-de-vegetação, o ideal é associar alta produtividade com menor estatura de plantas. Para essa finalidade destacaram-se as linhagens 5 - PIX-031D-188-14-05 e 11 - PIM-004 (Tabela 3).

Segundo Vencovsky (1987), quando as frequências alélicas forem iguais a 0,5, a CGC dependerá apenas dos efeitos aditivos e, em caso contrário na ausência de epistasia, a CGC passa depender também dos efeitos de dominância dos genes. Dessa forma, em cruzamentos dialélicos em pimentão envolvendo linhagens, estimativas favoráveis e elevadas para a CGC representam maior importância dos efeitos aditivos dos genes na expressão da característica.

No modelo utilizado para análise dialélica, a heterose específica representa a CEC cujas estimativas estão apresentadas na Tabela 4. Em geral houve grande variação nas estimativas da CEC para o conjunto de características avaliadas com destaque para o cruzamento 6 - PIX-031D-188-14-07 x 12 - PIM-013 para produção total e precoce de frutos. Esta combinação híbrida apresenta-se favorável para cultivo em estufa, uma vez que obteve ainda considerada heterose negativa para altura de planta, o que facilita seu manejo em cultivo protegido. Neste mesmo sentido, porém com menores valores de heterose para massa média de frutos, podem ser interessantes as combinações 5- PIX-031D-188-14-05 x 13 - PIM-016 e 7 - PIX-031D-188-14-10 x 11 - PIM-004. Com relação à massa média de frutos, destacou-se o cruzamento 6 - PIX-031D-188-14-07 x 9 - Myr-29. Já o cruzamento 4 - PIX-031D-171-10-10 x 10 - PIM-003 destacou-se para altura de plantas (Tabela 4).

Para finalidade de seleção, a partir de populações oriundas de genitores contrastantes o ideal é associar genótipos que possuam estimativas favoráveis para CGC e CEC. Nesse trabalho, em geral, os cruzamentos com estimativas elevadas e favoráveis para CEC não associaram estimativas também favoráveis para CGC indicando que além dos efeitos aditivos os não-aditivos são também importantes, corroborando com os resultados de Tavares et al. (1997), Patel et al. (1998), Maluf et al. (1999), Mamedov e Pyshnaja (2001), Doshi et al. (2001) e Gomide et al. (2003). Esse resultado demonstra que quando o objetivo é a obtenção de híbridos superiores a partir de um grupo de linhagens contrastantes, as estimativas de CGC são de relativa importância. Contudo, fica evidente também para todas as características aqui avaliadas uma relativa

importância da CEC, o que resulta em maior dificuldade de se prever o comportamento de uma linhagem quando em combinação híbrida.

Tabela 4. Estimativas dos efeitos da heterose específica do dialelo parcial 8 x 5, envolvendo 13 linhagens de pimentão para a produção total de frutos (PRODT), massa média de frutos (MMF), produção precoce de frutos (PRODP) e altura de plantas (ALT).

	PRODT (t ha ⁻¹)	MMF (g fruto ⁻¹)	PRODP (t ha ⁻¹)	ALT (cm)
	<i>S_{ij}</i>			
1 x 9	-7,70	7,27	-2,67	-10,86
1 x 10	2,72	-6,81	0,34	12,43
1 x 11	2,37	6,20	0,78	-6,04
1 x 12	-2,22	2,61	-2,75	-6,70
1 x 13	4,84	-9,28	4,30	11,17
2 x 9	9,44	2,89	8,95	8,37
2 x 10	-0,26	6,11	-0,36	2,41
2 x 11	-8,29	-9,85	-3,86	-10,19
2 x 12	2,37	-2,59	-0,82	-2,73
2 x 13	-3,26	3,43	-3,91	2,14
3 x 9	1,34	-5,19	0,15	0,54
3 x 10	1,24	12,85	-0,76	12,64
3 x 11	2,02	5,71	1,69	10,68
3 x 12	-0,27	13,15	3,40	-13,68
3 x 13	-4,32	-26,51	-4,49	-10,18
4 x 9	4,80	-2,18	3,20	-11,53
4 x 10	-2,03	-20,22	-1,35	-15,49
4 x 11	-3,75	6,54	-3,00	-6,78
4 x 12	0,17	-3,77	-2,00	27,19
4 x 13	0,80	19,62	3,14	6,62
5 x 9	-4,36	-3,32	-3,39	-0,15
5 x 10	3,61	13,28	1,93	-10,79
5 x 11	-0,06	2,50	-2,27	10,43
5 x 12	-6,43	-17,57	-2,58	8,70
5 x 13	7,23	5,10	6,31	-8,19
6 x 9	3,58	21,32	1,83	-0,97
6 x 10	-9,22	-17,67	-6,94	-1,31
6 x 11	-3,23	-18,49	-5,67	12,48
6 x 12	11,91	17,20	13,18	-10,81
6 x 13	-3,05	-2,36	-2,39	0,62
7 x 9	-0,19	2,91	0,01	9,27
7 x 10	0,41	1,69	5,05	0,56
7 x 11	7,62	2,80	8,10	-6,23
7 x 12	-6,38	-16,51	-9,95	4,17
7 x 13	-1,46	9,11	-3,20	-7,77
8 x 9	-6,89	-23,70	-8,09	5,33
8 x 10	3,53	10,76	2,10	-0,44
8 x 11	3,30	4,59	4,22	-4,35
8 x 12	0,85	7,47	1,53	-6,14
8 x 13	-0,78	0,88	0,24	5,60
Erro-padrão	3,63	6,63	2,46	8,01

Em que: 1 - PIX-031D-165-04-01; 2 - PIX-031D-171-10-04; 3 - PIX-031D-171-10-08; 4 - PIX-031D-171-10-10; 5 - PIX-031D-188-14-05; 6 - PIX-031D-188-14-07; 7 - PIX-031D-188-14-10; 8 - PIX-031D-205-04-07; 9 - Myr-29; 10 - PIM-003; 11 - PIM-004; 12 - PIM-013; 13 - PIM-016.

Conclusão

Na análise univariada tanto os efeitos aditivos quanto os não-aditivos são importantes para a expressão do conjunto de características, especialmente para os caracteres produção total e precoce de frutos e altura de plantas.

A extensão multivariada da análise dialélica mostrou resultados semelhantes ao da análise univariada, com maior importância dos efeitos não-aditivos, porém a maior vantagem da metodologia é o fato de associar várias características simultaneamente.

As estimativas de CEC variaram bastante para o conjunto de características, contudo os cruzamentos com estimativas elevadas e favoráveis para CEC não associam estimativas também favoráveis para CGC reforçando os resultados da análise multivariada, em que os efeitos não-aditivos são de maior importância.

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Capes, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais - Fapemig, à Universidade Federal de Lavras - UFLA e à empresa HortiAgro Sementes Ltda., pela concessão de auxílio à pesquisa e bolsa.

Referências

- BERNARDO, R. **Breeding for quantitative traits in plants**. Woodbury: Stemma Press, 2003.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2. ed. rev. Viçosa: UFV, 2001.
- DOSHI, K. M.; SHUKLA, M. R.; KATHIRIA, K. B. Seedling analysis for the prediction of heterosis and combining ability in chilli (*Capsicum annuum* L.). **Capsicum and Eggplant Newsletter**, v. 20, p. 46-49, 2001.
- GARDNER, C. O.; EBERHART, S. A. Analysis and interpretation of the variety cross diallel and related population. **Biometrics**, v. 22, n. 3, p. 439-452, 1966.
- GERALDI, I. O.; MIRANDA FILHO, J. B. Adapted models for the analysis of combining ability of varieties in partial diallel crosses. **Revista Brasileira de Genética**, v. 11, n. 3, p. 419-430, 1988.
- GOMES, M. S.; VON PINHO, R. G.; RAMALHO, M. A. P.; FURTADO, D. F. Alternativas para seleção de híbridos de milho envolvendo vários caracteres visando à produção de silagem. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 5, n. 3, p. 406-421, 2006.
- GOMIDE, M. L.; MALUF, W. R.; GOMES, L. A. A. Heterose e capacidade de combinatória de linhagens de pimentão (*Capsicum annuum* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 27, n. 5, p. 1007-1015, 2003.
- GRIFFING, B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. **Australian Journal of Biological Sciences**, v. 9, n. 4, p. 463-493, 1956.
- INOUE-NAGATA, A. K.; FONSECA, M. E. N.; LOBO, T. O. T. A.; ÁVILA, A. C.; MONTE, D. C. Analysis of the nucleotide sequence of the coat protein and 3' untranslated region of two Brazilian *Potato virus Y* isolates. **Fitopatologia Brasileira**, v. 26, n. 1, p. 45-52, 2001.
- LEDO, C. A.; FERREIRA, D. F.; RAMALHO, M. A. P. Análise de variância multivariada para os cruzamentos dialélicos. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 27, n. 6, p. 1214-1221, 2003.
- MALUF, W. R.; BLANK, A. F.; GOMES, L. A. A. Teste precoce da capacidade combinatória de linhagens de pimentão (*Capsicum annuum* L.) para característica de frutos. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 23, n. 1, p. 152-160, 1999.
- MAMEDOV, M. I.; PYSHNAJA, O. N. Heterosis and correlations studies for earliness, fruit yield and some economic characteristics in sweet pepper. **Capsicum and Eggplant Newsletter**, v. 3, n. 20, p. 42-45, 2001.
- MARTINS, I. S.; CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; PIRES, I. E.; MARTINS, R. C. C. Avaliação de critérios multivariados aplicados na seleção em *Eucayptus grandis* Hill ex Maiden. **Floresta e Ambiente**, v. 10, n. 1, p. 38-47, 2003.
- MIRANDA, J. E. C.; COSTA, C. P.; CRUZ, C. D. Análise dialélica em pimentão. I Capacidade combinatória. **Revista Brasileira de Genética**, v. 11, n. 2, p. 431-440, 1988.
- MIRANDA FILHO, J. B.; GERALDI, I. O. Adapted model for the analysis of partial diallel crosses. **Revista Brasileira de Genética**, v. 14, n. 3, p. 677-688, 1984.
- OLIVEIRA, V. R.; SCAPIM, C. A.; CASALI, V. W. D. Diversidade genética e eficiência da predição do comportamento de híbridos de pimentão (*Capsicum annuum* L.). **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 20, n. 3, p. 263-267, 1998.
- PATEL, J. A.; SHUKLA, M. R.; DOSHI, K. M.; PATEL, B. R.; PATEL, S. A. Combining ability analysis for green fruit yield components in Chilli (*Capsicum annuum* L.). **Capsicum and Eggplant Newsletter**, n. 17, p. 34-37, 1998.
- PORTIS, E.; NERVO, G.; CARVALLANTI, F.; BARCHI, L.; LANTERI, S. Multivariate analysis of genetic relationships between italian pepper landraces. **Crop Science**, v. 46, n. 4, p. 2517-2525, 2006.
- SILVA, G. O.; PEREIRA, A. S.; SOUZA, V. Q.; CARVALHO, F. I. F.; VIEIRA, E. A. Capacidade de combinação multivariada para caracteres de tubérculo em gerações iniciais de seleção em batata. **Ciência Rural**, v. 38, n. 2, p. 321-325, 2008.
- TAVARES, M.; MELO, A. M. T.; SCIVITTARO, W. B.; TESSARIOLI NETO, J. Coeficiente de correlação entre médias parentais e híbridas F1 em um cruzamento dialélico de pimentão. **Ecossistema**, v. 22, n. 2, p. 64-67, 1997.
- VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. In: PATERNIANI, E.; VIEGAS, V. P. (Ed.). **Melhoramento e produção de milho**. Campinas: Fundação Cargil, 1987. v. 1, p. 148-211.

Received on June 5, 2008.

Accepted on November 4, 2008.

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.