

EFEITOS DIRETOS E INDIRETOS E CORRELAÇÕES CANÔNICAS PARA CARACTERES RELACIONADOS COM A PRODUÇÃO DE PIMENTÃO ⁽¹⁾

MARCELO TAVARES ⁽²⁾, ARLETE MARCHI TAVARES DE MELO ⁽³⁾
& WALKYRIA BUENO SCIVITTARO ⁽⁴⁾

RESUMO

O trabalho foi realizado com os seguintes objetivos: (a) estudar os efeitos diretos e indiretos de oito caracteres de planta e fruto sobre a produção de pimentão (*Capsicum annuum* L.), utilizando-se de análise de trilha, e (b) obter as correlações canônicas entre o grupo dos principais fatores de produção (peso⁽⁵⁾ e número total de frutos) e os grupos: (1) produção precoce-número de frutos e produção precoce-peso de frutos; (2) comprimento, largura e número de lóculos do fruto, e (3) comprimento e largura do fruto. Empregaram-se seis genótipos de pimentão e os híbridos possíveis entre eles, obtidos mediante esquema dialélico, excluindo-se os recíprocos. Os resultados mostraram que as avaliações da produção de pimentão podem ser feitas nas primeiras colheitas, em vista do efeito pronunciado do caráter produção precoce-peso de frutos sobre o peso total de frutos, e da significância das correlações canônicas entre produção precoce-número e peso de frutos e peso total de frutos. O número total de frutos foi o caráter que apresentou maior efeito positivo sobre o peso total de frutos. Menor largura e maior número de lóculos por fruto determinaram maior peso total de frutos.

Termos de indexação: análise do coeficiente de trilha, correlação canônica, pimentão, *Capsicum annuum* L.

⁽¹⁾ Recebido para publicação em 6 de fevereiro de 1998 e aceito em 5 de abril de 1999.

⁽²⁾ Departamento de Matemática da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Avenida João Naves de Ávila, 2160, Câmpus Santa Mônica, 34408-100 Uberlândia (MG).

⁽³⁾ Centro de Horticultura, Instituto Agrônômico (IAC), Caixa Postal 28, 13001-970 Campinas (SP).

⁽⁴⁾ Centro de Pesquisa Agropecuário de Clima Temperado (CPACT-EMBRAPA), Caixa Postal 403, 96001-970 Pelotas (RS).

⁽⁵⁾ Peso: refere-se à massa, em gramas, de acordo com o Sistema Internacional de Unidades.

ABSTRACT

DIRECT AND INDIRECT EFFECTS AND CANONICAL CORRELATIONS OF AGRONOMIC TRAITS ON SWEET PEPPER YIELD

A study was carried out to evaluate: (a) direct and indirect effects (path analysis) of eight plant and fruit traits on sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) yield; and (b) canonical correlations among the main production factors group (fruit weight and fruit number) and the following groups: (i) early yield (fruit weight and fruit number); (ii) fruit length, fruit width and fruit loculi number; and (iii) fruit length and fruit width. It was studied six parental genotypes, and the F_1 hybrids among excluding the reciprocals. The results showed that yield evaluations might be done at the beginning of the harvest due to the remarkable effects of early yields on total fruit weight, and the canonical correlations significance between early yield and total fruit weight. Total fruit number was the variable which showed greater positive effect on total fruit weight. Reduced fruit width and large number of fruit loculi are correlated with increased total fruit weight.

Index terms: path analysis, canonical correlations, sweet pepper, *Capsicum annuum* L.

1. INTRODUÇÃO

Nos programas de melhoramento, é necessário que a seleção de genótipos superiores seja feita da maneira mais eficiente possível. Nas diversas culturas, essa superioridade se dá, normalmente, mediante a variável produção, que é resultado da interação de fatores genéticos, fisiológicos e ambientais. A complexidade desses fatores e a necessidade de maior eficiência no processo de seleção requerem o desdobramento das estimativas de correlação genética. Tal desdobramento pode ser realizado pela análise de trilha, desenvolvida por Wright (1921, 1923) e detalhada por Li (1975): consiste no estudo dos efeitos diretos e indiretos de caracteres sobre uma variável básica. Apesar de sua grande importância, a análise de trilha possui uma limitação, por se utilizar apenas de uma variável dependente. Para contornar o problema, pode-se fazer uso conjunto de outro tipo de análise: as correlações canônicas, as quais permitem conhecer, de maneira mais detalhada, as inter-relações entre os vários caracteres usados durante o processo de seleção.

O conhecimento das estimativas de correlação pode contribuir com o trabalho do melhorista quando associado a duas novas estimativas, a saber: a resposta correlacionada à seleção e componentes da interação genótipos por ambiente.

Relações entre caracteres da planta e produção podem ser estudadas para prever o comportamento dos genótipos, possibilitando a redução do número de ensaios de competição, bastante dispendiosos (Hallauer & Miranda Filho, 1981).

Em pimentão, no estudo de correlações, a maioria dos trabalhos encontrados na literatura dá ênfase à correlação entre a produção e outros caracteres que a influenciam de maneira mais acentuada. A produção depende, pois, fundamentalmente, do peso⁽⁵⁾ e do número de frutos por planta (Rocchetta et al., 1976; Braz, 1982; Gupta & Yadav, 1984; Anand et al., 1987; Deprestre et al., 1988; Ghai & Thakur, 1989; Melo, 1997). Para Silveti (1991), um programa de seleção que pretenda elevar a produção por planta, deveria basear-se no aumento do número ou peso⁽⁵⁾ de frutos

⁽⁵⁾ Peso: refere-se à massa, em gramas, de acordo com o Sistema Internacional de Unidades.

por planta. Por sua vez, Deprestre et al. (1988) mostraram que a largura do fruto apresenta efeito direto sobre a produção.

A análise de trilha realizada por Cruz et al. (1988) revelou que o tamanho do fruto de pimentão, expresso em termos de comprimento e largura, tem efeito direto e positivo sobre a produção total de frutos nas populações parentais e nos híbridos. Os caracteres número total de frutos, dias para o florescimento e altura da planta têm influência distinta sobre a produção total de frutos, pois apresentam efeitos positivos na população parental e negativos na híbrida.

Este trabalho teve por objetivos: (a) estudar, por meio da análise de trilha, os efeitos diretos e indiretos de oito caracteres de planta e fruto sobre a produção de pimentão, e (b) obter as correlações canônicas a partir do grupo dos principais fatores da produção (peso e número total de frutos) e dos caracteres de fruto.

2. MATERIAL E MÉTODOS

No experimento, realizado na Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL), em Lavras (MG) utilizaram-se seis genótipos de pimentão escolhidos por suas características e/ou origem: (1) Linha 4; (2) Linha 6; (3) Linha 8; (4) Agrônomo 8; (5) Ikeda, e (6) Magda e os híbridos possíveis entre eles, excluindo-se os recíprocos.

Os tratamentos, compreendendo quinze híbridos e seis parentais, foram dispostos no delineamento de blocos casualizados, com três repetições. A parcela experimental foi constituída por uma fileira de 7,5 m de comprimento com quinze plantas, sendo empregadas, para a coleta de dados, as cinco mais representativas, ou seja, as que se mostraram mais competitivas dentro da parcela. Mais detalhes experimentais encontram-se em Tavares (1993).

As correlações apresentadas por Tavares (1993) foram desdobradas, mediante a análise de trilha (Wright, 1921, 1923; Li, 1975), em efeitos diretos e indiretos, nas populações híbrida e parental em conjunto. O peso total de frutos por planta (PTF) foi considerado como variável dependente e, como variáveis explicativas, os seguintes caracteres: número total de frutos (NTF), produção precoce-número de frutos (PPNF), produção precoce-peso de frutos (PPPF), peso médio do fruto (PMF), comprimento (COMP), largura (LARG) e número de lóculos do fruto (LOC) e altura da planta (ALT). As produções precoces, o número e o peso de frutos, correspondem às quatro primeiras colheitas.

Foram obtidas, ainda, estimativas das correlações canônicas (Cruz & Regazzi, 1994) do grupo composto pelo peso total e número total de frutos, com os seguintes grupos: (1) produção precoce-número de frutos e produção precoce-peso de frutos; (2) comprimento, largura e número de lóculos do fruto; e (3) comprimento e largura do fruto.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O coeficiente de determinação obtido para a análise de trilha foi de 0,8862 e a magnitude do efeito da variável residual, de 0,3372.

O número total de frutos apresentou o maior efeito direto em relação ao peso total de frutos, estimado em 1,2626. Esse valor foi 3,74 vezes maior que o da variável residual (0,3372). A estimativa do efeito direto do peso médio de frutos (0,6173) também superou o valor do efeito da variável residual, apesar de não apresentar uma magnitude tão elevada. Também o peso médio de frutos revelou efeito negativo, via número total de frutos, de igual magnitude, diminuindo, assim, sua importância. Apenas produção precoce-número de frutos, comprimento e número de lóculos do fruto apresentaram estimativas negativas em seus efeitos diretos (Quadro 1).

Quadro 1. Efeitos direto, indireto e total de oito caracteres agrônômicos sobre o peso total de frutos (PTF) de pimentão

Caráter ⁽¹⁾	Efeito	Via	PTF	Caráter ⁽¹⁾	Efeito	Via	PTF
NTF	Direto		1,2626	COMP	Direto		-0,1611
	Indireto	PPNF	-0,2633		Indireto	NTF	0,2032
		PPPF	0,0533			PPNF	0,0913
		ALT	0,0355			PPPF	-0,1797
		COMP	-0,0259			ALT	0,1022
		LARG	-0,0259			LARG	0,0382
		LOC	0,0013			LOC	-0,0030
		PMF	-0,3136			PMF	-0,2771
	Total		0,7240		Total		-0,1860
PPNF	Direto		-0,3553	LARG	Direto		0,0711
	Indireto	NTF	0,9356		Indireto	NTF	-0,4608
		PPPF	0,1491			PPNF	-0,3468
		ALT	0,0254			PPPF	-0,0297
		COMP	0,0414			ALT	-0,2142
		LARG	0,0694			COMP	-0,0865
		LOC	0,0066			LOC	-0,0140
		PMF	0,0555			PMF	0,5790
Total		0,9280	Total		-0,5020		
PPPF	Direto		0,1970	LOC	Direto		-0,0213
	Indireto	NTF	0,3421		Indireto	NTF	-0,0770
		PPPF	-0,2690			PPNF	0,1112
		ALT	-0,1386			PPPF	-0,0047
		COMP	0,1469			ALT	-0,0079
		LARG	-0,0107			COMP	-0,0228
		LOC	0,0005			LARG	0,0467
		PMF	0,5667			PMF	0,1839
Total		0,8350	Total		0,2080		
PMF	Direto		0,6173	ALT	Direto		0,2276
	Indireto	NTF	-0,6414		Indireto	NTF	0,1969
		PPNF	-0,0319			PPNF	-0,0398
		PPPF	0,1808			PPPF	-0,1200
		ALT	-0,0325			COMP	-0,0723
		COMP	0,0723			LARG	-0,0669
		LARG	0,0667			LOC	0,0007
		LOC	-0,0063			PMF	-0,0882
Total		0,2250	Total		0,0380		

⁽¹⁾NTF: número total de frutos; PPNF: produção precoce-número de frutos; PPPF: produção precoce-peso de frutos; PMF: peso médio de frutos. COMP: comprimento de frutos; LARG: largura de frutos; LOC: número de lóculos do fruto; ALT: altura de planta.

Os caracteres número total de frutos, produção precoce-peso de frutos, peso médio do fruto, comprimento do fruto e altura da planta apresentaram estimativas de efeito direto com o mesmo sinal das correlações genotípicas obtidas por Tavares (1993) (Quadros 1 e 3).

Considerando o efeito total, os caracteres que apresentaram maior efeito sobre o peso total de frutos foram os seguintes: número total de frutos, produção precoce-número de frutos e produção precoce-peso de frutos, cujos valores foram superiores a 0,7 (Quadro 1) e apresentaram uma correlação genotípica significativa para esses caracteres (Quadro 3).

Verifica-se - Quadro 1 - que o efeito direto do peso médio de frutos sobre o peso total de frutos (0,6173), em relação à magnitude do efeito da variância residual (0,3372), foi de 1,83, sendo semelhante aos resultados encontrados por Sahoo et al. (1990). A correlação genotípica, porém, entre esses dois caracteres, não foi significativa, como se pode ver no Quadro 3. Esses resultados sugerem que o uso dessa variável auxiliar não deve ser descartado em seleções indiretas, pois a seleção simultânea para vários caracteres pode apresentar bons resultados, tomando cuidado apenas para a variável número total de frutos, com um valor maior no efeito indireto (-0,6414), no sentido de diminuir o peso total de frutos, já que maior número de frutos por planta resulta em maior competição entre frutos e, conseqüentemente, frutos de menor peso.

A produção precoce-número de frutos foi o único caráter com elevada estimativa de efeito indireto sobre o peso total de frutos (0,9356), sendo esse efeito obtido via número total de frutos (Quadro 1), mostrando, assim, a importância desse caráter na obtenção de plantas com maior peso de frutos por planta.

As correlações canônicas entre o grupo peso total de frutos e número total de frutos com o grupo produção precoce-número de frutos e produção precoce-peso de frutos foram de alta magnitude e significativas para os dois pares canônicos (Quadro 2).

Quadro 2. Correlações canônicas e pares canônicos estimados entre os componentes primários da produção com grupos de produção precoce e características de fruto

Característica ⁽¹⁾	Par canônico	
	Primeiro	Segundo
PTF	1,3270	-0,5837
NTF	-0,5579	1,3379
PPNF	0,2195	1,2746
PPPF	0,7909	-1,0897
r	0,9675	0,8421
Significância ..	**	**
PTF	1,2199	-0,7832
NTF	-0,3427	1,4084
COMP	0,3161	0,5913
LARG	-1,4216	-0,3867
LOC	1,1638	-0,0788
r	0,9608	0,5353
Significância ..	**	n.s.
PTF	-0,0187	1,4496
NTF	1,0134	-1,0364
COMP	0,5062	-0,3497
LARG	-0,6324	-0,1616
r	0,5588	0,4572
Significância ..	n.s.	n.s.

⁽¹⁾ PTF: peso total de frutos; NTF: número total de frutos; PPNF: produção precoce-número de frutos; PPPF: produção precoce-peso de frutos. COMP: comprimento de frutos; LARG: largura de frutos; LOC: número de lóculos do fruto; PMF: peso médio de frutos; ALT: altura de planta.

Quadro 3. Estimativa dos coeficientes de correlação genotípica (r_G) entre os caracteres estudados ⁽¹⁾ (Adaptada de TAVARES, 1993)

Caracteres	NTF	PPNF	PPPF	ALT	COMP	LARG	LOC	PMF
PTF	0,724**	0,928**	0,835**	0,038	-0,186	-0,502	0,208	0,225
NTF	—	0,741**	0,271	0,156	0,161	-0,365	-0,061	-0,939**
PPNF	—	—	0,757**	0,112	-0,257	0,976**	-0,313	0,090
PPPF	—	—	—	-0,609**	-0,912**	-0,151	-0,024	0,918**
ALT	—	—	—	—	0,449*	0,941**	-0,035	-0,143
COMP ..	—	—	—	—	—	0,537*	0,142	-0,449*
LARG ...	—	—	—	—	—	—	0,657**	0,938**
LOC	—	—	—	—	—	—	—	0,298

⁽¹⁾ PTF: peso total de frutos; NTF: número total de frutos; PPNF: produção precoce-número de frutos; PPPF: produção precoce-peso de frutos; COMP: comprimento de frutos; LARG: largura de frutos; LOC: número de lóculos do fruto; PMF: peso médio de frutos; ALT: altura de planta.

Isso evidencia que a seleção de genótipos superiores pode ser realizada nas primeiras colheitas, eliminando a necessidade de um longo período de colheita. Com isso, haveria diminuição e conseqüente otimização dos custos de um programa de melhoramento. Verificase a ocorrência de sinais negativos nos pares canônicos estimados, em relação às produções precoces, já que o número e o peso de frutos se correlacionam negativamente.

Para os demais grupos de correlação (Quadro 2), não houve significância, exceto para o primeiro par canônico formado pelos grupos: peso e número total de frutos, e comprimento, largura e número de lóculos do fruto. Esses resultados sugerem que o peso total de frutos será maior em plantas que produzam frutos com menor largura e maior número de lóculos. Isso pode ser explicado pelo fato de os frutos de menor largura apresentarem maior desenvolvimento no comprimento ou maior espessura de polpa.

4. CONCLUSÕES

1. As avaliações da produção de pimentão podem ser feitas nas primeiras colheitas, em função do

efeito pronunciado de produção precoce-peso de frutos sobre a produção total de frutos e da significância das correlações canônicas entre produção total de frutos com produção precoce-número de frutos e produção precoce-peso de frutos.

2. O número total de frutos foi o caráter com maior efeito positivo sobre o peso total de frutos.

3. Menor largura e maior número de lóculos do fruto determinaram maior peso total de frutos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANAND, N.; DESHPANDE, A.A. & RAMACHANDER, P.R. Intra-group geometry in *Capsicum annum* L. *Genetica Agraria*, Roma, **41**:453-460, 1987.
- BRAZ, L.T. Avaliação de caracteres agrônômicos e qualitativos de três cultivares de pimentão (*Capsicum annum* L.) e da heterose em seus híbridos F₁. Viçosa, 1982. 75p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Viçosa, 1982.
- CRUZ, C.D.; MIRANDA, J.E.C. de & COSTA, C.P. da. Correlações, efeitos diretos e indiretos de caracteres agrônômicos sobre a produção de pimentão (*Capsicum annum* L.). *Revista Brasileira de Genética*, Ribeirão Preto, **11**(4):921-918, 1988.

- CRUZ, C.D. & REGAZZI, A. J. *Modelos biométricos aplicados no melhoramento genético*. Viçosa, UFV, Imprensa Universitária, 1994. 390p.
- DEPESTRE, T.; GOMEZ, O. & ESPINOSA, J. Path coefficient analysis in sweet pepper. *Capsicum Newsletter*, Turin, 7:37-38, 1988.
- GHAI, T.R. & THAKUR, M.R. Variability and correlation studies in an intervarietal cross of chilli. *Punjab Horticultural Journal*, Ludhiana 27(1/2):80-83, 1987. *Plant Breeding Abstracts*, Cambridge, 59(8):775, 1989. (Resumo 7077)
- GUPTA, C.T. & YADAV, R.D.S. Genetic variability and path analysis in chilli (*Capsicum annum* L.). *Genetica Agraria*, Roma, 38(4):425-432, 1984.
- HALLAUER, A.R. & MIRANDA FILHO, J.B. *Quantitative genetics in maize breeding*. Ames, Iowa State University Press, 1981. 468p.
- LI, C.C. *Path analysis: a primer*. Boxwood, Pacific Grove, 1975. 346p.
- MELO, A.M.T. *Análise genética de caracteres de fruto em híbridos de pimentão*. Piracicaba, 1997. 112p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". 1997
- ROCCHETTA, G.; GIORGI, G. & GIOVANNELLI, G. Correlation analysis between morphological traits and productivity in cultivate *Capsicum* for an understanding of the heterosis phenomenon. *Genetica Agraria*, Roma, 30(3):355-374, 1976.
- SAHOO, S. C.; MISHRA, S. N. & MISHRA, R. S. Association of traits in segregating populacion of chilli (*Capsicum annum* L.). *Indian Journal of Agricultural Sciences*. New Delhi, 60 (4): 233-236, 1990.
- SILVETTI, E. Selection for yield correlated responses in *Capsicum*. In: EUCARPIA MEETING ON GENETICS AND BREEDING OF *CAPSICUM* AND EGGPLANT, 7., Kragujevac, 1989. *Proceedings*. Kragujevac, EUCARPIA, 1989. s.p. *Plant Breeding Abstracts*, Cambridge, 61(2):234, 1991. (Resumo 1877)
- TAVARES, M. Heterose e estimativa de parâmetros genéticos em um cruzamento dialélico de pimentão (*Capsicum annum* L.). Lavras, 1993. 88p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, 1993.
- WRIGHT, S. Correlation and causation. *Journal of Agricultural Research*, Washington, 20:557-585, 1921.
- WRIGHT, S. The theory of path coefficients - a replay to Nile's criticism. *Genetics*, Austin, 8:239-255, 1923.