

CORRELAÇÕES AMBIENTAIS, GENOTÍPICAS E FENOTÍPICAS EM UM CRUZAMENTO DIALÉLICO DE CULTIVARES DE TOMATE¹

JOÃO EUSTÁQUIO CABRAL DE MIRANDA², WILSON ROBERTO
MALUF³ e JOENES PELÚZIO DE CAMPOS⁴

RESUMO - Seis cultivares de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) (Kada, Santo Antônio, São Sebastião, Ângela, Floradel e BGH 3470) e seus quinze híbridos F₁ possíveis (não se fez distinção entre cruzamentos recíprocos) foram testados no ano de 1977 em dois locais - Viçosa (MG) e Ponte Nova (MG). Estimaram-se as correlações ambientais, genotípicas e fenotípicas para todos os pares possíveis de caracteres estudados. O componente genético das correlações teve maior influência que os componentes ambientais, e o fenótipo expressou adequadamente o genótipo. As produções total e comerciável de frutos, número total de frutos, número de cachos por planta, número de frutos por cacho estão positivamente correlacionados entre si, e negativamente correlacionados com peso médio dos frutos comerciáveis, percentagem de produção precoce, percentagem de frutos rachados e número de lóculos por fruto.

Termos para Indexação: *Lycopersicon esculentum* Mill., melhoramento, dialelo, híbridos.

ENVIRONMENTAL, GENOTYPIC AND PHENOTYPIC CORRELATIONS IN A DIALLEL CROSS OF TOMATO CULTIVARS

ABSTRACT - Six tomato cultivars (*Lycopersicon esculentum* Mill.) (Kada, Santa Antonio, São Sebastião, Ângela, Floradel and BGH 3470) and their fifteen possible F₁ hybrids (reciprocal crosses excluded) were tested in 1977 in two locations - Viçosa (MG) and Ponte Nova (MG). Environmental, genotypic and phenotypic correlations were estimated for all possible pairs among the characters studied. The genetic component had stronger influence on the correlations than the environmental component, and the phenotype adequately reflected the genotype considered. Total and marketable yield, total number of fruit, number of clusters per plant, number of fruit per cluster are positively correlated with each other, and are negatively correlated with average weight of marketable fruit, percent of early yield, percent of fruit cracking and number of locules per fruit.

Index Terms: *Lycopersicon esculentum* Mill., breeding, diallel, hybrids.

INTRODUÇÃO

Em estudos genéticos, é necessário distinguir duas causas de correlação entre caracteres: genética e ambiental. A causa genética de correlação é principalmente a pleiotropia (Falconer 1960), embora ligações genéticas possam ser a causa de correlações transitórias, especialmente em populações derivadas de cruzamentos entre linhagens divergentes. Pleiotropia é a propriedade pela qual um gene afeta dois ou mais caracteres, de maneira que, se o gene estiver segregando, ele causará uma variação simultânea nos caracteres por ele afetados. O ambiente, por sua vez, é uma causa da cor-

relação desde que os caracteres sejam influenciados pelas mesmas diferenças de condições ambientais.

A associação entre dois caracteres que pode ser diretamente observada é a correlação dos seus valores fenotípicos, ou seja, a correlação fenotípica, que é determinada a partir de medidas dos dois caracteres em indivíduos da população. Kempthorne (1969) ressalta que a correlação observada entre média observada de variedades dá pouca indicação da correlação entre as médias verdadeiras, a menos que se possa admitir que a correlação entre os erros experimentais seja pequena; neste caso, a correlação observada (fenotípica) tenderá a ser de mesmo sinal, mas menor em valor absoluto, do que a correlação verdadeira (isto é, genotípica).

A associação entre caracteres, quando existe, pode ser benéfica, ou não, ao melhoramento de uma população. A seleção para um caráter pode aumentar ou diminuir a expressão de outro caráter, dependendo da correlação genética entre eles.

¹ Aceito para publicação em 10 de março de 1982.

² Eng^o Agr^o M.Sc., Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças (CNPH) - EMBRAPA, Caixa Postal, 11.1316, CEP 70000, Brasília, DF.

³ Eng^o Agr^o Ph.D., Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças (CNPH) - EMBRAPA.

⁴ Eng^o Agr^o, Ph.D., Departamento de Fitotecnia, UFV, CEP 36570, Viçosa, MG.

Neste trabalho, estimaram-se os coeficientes de correlação de natureza ambiental, genotípica e fenotípica entre caracteres métricos relacionados com produção de frutos e aspectos vegetativos do tomateiro.

MATERIAL E MÉTODOS

Efetuar-se os quinze cruzamentos possíveis entre as seis cultivares de tomate: Kada, Santo Antônio, São Sebastião, Ângela, Floradel e BGH 3470 (Banco de Germoplasma de Hortaliças - 3470 - UFV). Em 1977, instalaram-se ensaios experimentais em dois locais: Viçosa, MG e Ponte Nova, MG. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados completos, com 21 tratamentos (seis cultivares parentais e quinze híbridos F_1) e quatro e três repetições, respectivamente, em Viçosa e Ponte Nova. Detalhes dos aspectos fitotécnicos destes ensaios são apresentados por Miranda (1978) e por Maluf et al. (1982).

Estimaram-se as correlações ambientais, genotípicas e fenotípicas entre os seguintes caracteres mensurados, tomados aos pares:

- produção total de frutos (t/ha);
- produção comerciável (t/ha);
- número total de frutos por parcela;
- peso médio dos frutos comerciáveis (g/fruto);
- percentagem de produção precoce, expressa em relação à produção total, considerando a produção das seis primeiras colheitas;
- percentagem de frutos rachados, expresso em relação ao número de frutos;
- número de cachos por planta;
- número de frutos por cacho;
- número de lóculos por fruto;
- altura da planta (cm);
- altura de inserção do primeiro cacho (cm);
- número de internódios por planta.

Tomadas as médias dos tratamentos nos dois locais, fez-se uma análise de variância pelo método dos quadrados mínimos, não ponderada para o número de repetições por local, e testou-se o efeito de genótipos contra a interação local x genótipos. As correlações foram calculadas usando-se os componentes de variância e covariância, conforme mostra a Tabela 1, segundo Kempthorne (1969).

As esperanças dos quadrados e produtos médios mostrados na Tabela 1 são:

$$E(Vu) = \sigma_{Eu}^2 + 2 \cdot \sigma_{Gu}^2$$

$$E(Vy) = \sigma_{Ey}^2 + 2 \cdot \sigma_{Gy}^2$$

$$E(Vz) = \sigma_{Ez}^2 + 2 \cdot \sigma_{Gz}^2$$

$$E(Eu) = \sigma_{Eu}^2$$

$$E(Ey) = \sigma_{Ey}^2$$

$$E(Ez) = \sigma_{Ez}^2$$

$$E(Vyz) = \sigma_{Eyz} + 2 \sigma_{Gyz}$$

$$E(Eyz) = \sigma_{Gyz}$$

Nestas expressões, os índices E e G referem-se à interação genótipos x locais e aos genótipos, respectivamente, e os índices y, z e u referem-se aos caracteres y, z e à soma deles (isto é, u), respectivamente.

As correlações genotípica ($\hat{\rho}_{Gyz}$), ambiental ($\hat{\rho}_{Eyz}$) e fenotípica ($\hat{\rho}_{Fyz}$) entre dois caracteres quaisquer y e z foram calculadas pelas seguintes expressões:

$$\hat{\rho}_{Gyz} = \frac{\hat{\sigma}_{Gyz}}{(\hat{\sigma}_{Gy}^2 \times \hat{\sigma}_{Gz}^2)^{1/2}}$$

TABELA 1. Análise de variância/covariância para dois caracteres, y e z.

Causa de variação	Quadrados médios				Produto médio
	G.L.	y	z	u = y + z	y . z
Entre locais	1				
Entre genótipos	20	Vy	Vz	Vu	$Vyz = \frac{1}{2} (Vu - Vy - Vz)$
Genótipos x locais	20	Ey	Ez	Eu	$Eyz = \frac{1}{2} (Eu - Ey - Ez)$
Total	41				

$$\hat{\rho}_{Eyz} = \frac{\hat{\sigma}_{Eyz}}{(\hat{\sigma}_{Ey}^2 \times \hat{\sigma}_{Ez}^2)^{1/2}}$$

$$\hat{\rho}_{Fyz} = \frac{\hat{\sigma}_{Fyz}}{(\hat{\sigma}_{Fy}^2 \times \hat{\sigma}_{Fz}^2)^{1/2}}$$

$$\frac{(\hat{\sigma}_{Gyz} + \hat{\sigma}_{Eyz})}{\left[(\hat{\sigma}_{Gy}^2 + \hat{\sigma}_{Ey}^2) \times (\hat{\sigma}_{Gz}^2 + \hat{\sigma}_{Ez}^2) \right]^{1/2}}$$

Para os coeficientes de correlação genotípicos, determinaram-se seus respectivos erros padrões, como indicado por Scheinberg (1966).

No que diz respeito às covariâncias de natureza ambiental, ignoraram-se as variações intra-locais, que foram, portanto, confundidas com as covariâncias relativas à interação genótipo x ambiente. As correlações ditas "ambientais" calculadas neste trabalho, bem como as correlações fenotípicas, refletem este fato.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estimativas dos coeficientes de correlação ambientais, genotípicas e fenotípicas são apresentadas nas Tabelas 2, 3 e 4, respectivamente.

De maneira geral, os coeficientes de correlação ambiental são de pequena magnitude (Tabela 2), indicando que os caracteres não são influenciados pelas mesmas diferenças de condições ambientais. Os únicos casos em que tais coeficientes de correlação ambientais foram superiores a 0,5 em magnitude são aqueles entre produção total de frutos (PTF), produção de frutos comerciáveis (PFC) e número total de frutos (NTF).

Pela análise das Tabelas 3 e 4, pode-se notar que, para a maioria dos pares de caracteres, as correlações genotípicas foram superiores às fenotípicas, o que tem sido observado frequentemente em trabalhos com o milho (Lima 1977, Pereira 1978, Regazzi et al. 1980).

Na quase totalidade das combinações, verifica-se que o sinal dos coeficientes de correlação genotípica e fenotípica foram iguais. Nos casos em que tal não ocorreu, os coeficientes de correlação

TABELA 2. Estimativas dos coeficientes de correlação ambientais (r_e) para os doze caracteres estudados.

Caracteres	PFC	NTF	PMFC	% PP	% FR	NC/P	NF/C	NL/F	AP	AIPC	NI/P
Prod. total de frutos (PTF)	+0,8957	+0,6770	+0,0448	+0,0248	-0,2091	+0,3342	+0,3189	+0,0358	+0,3843	-0,3534	+0,3436
Prod. de frutos comerciáveis (PFC)	.	+0,5088	+0,0025	+0,1908	-0,2082	+0,2822	+0,2154	+0,0690	+0,2819	-0,3479	+0,5167
Nº total de frutos (NTF)	.	.	-0,1978	-0,1739	-0,0836	+0,4173	+0,1315	+0,1707	+0,2500	-0,1603	-0,0519
Peso médio de frutos comerciáveis (PMFC)	.	.	.	+0,2856	-0,0370	-0,0822	-0,1828	+0,0863	+0,1389	+0,5267	+0,0896
% de produção precoce (% PP)	+0,0959	-0,3065	-0,0812	-0,3528	-0,0278	-0,4990	+0,0937
% de frutos rachados (% FR)	-0,0845	-0,0573	+0,7423	-0,0482	-0,2707	-0,2688
Nº cachos/planta (NC/P)	-0,3643	+0,1651	+0,2168	-0,1369	+0,3682
Nº frutos/cacho (NF/C)	-0,0453	+0,2431	-0,2207	+0,0771
Nº lóculos/fruto (NL/F)	-0,0754	-0,3147	.
Altura da planta (AP)	-0,0566	-0,0124	+0,2461
Altura de inserção do primeiro cacho (AIPC)	+0,0328
Nº internódios/planta (NI/P)

TABELA 3. Estimativas dos coeficientes de correlação genotípicas - r_G (e seus respectivos erros padrões) para os doze caracteres estudados.

Caracteres	PFC	NTF	PMFC	% PP	% FR	NC/P	NF/C	NL/F	AP	AIPC	NI/P
Prod. total de frutos (PTF)	+ 0,9953 (±0,0054)	+ 0,7647 (±0,0993)	- 0,5451 (±0,1698)	- 0,6731 (±0,1917)	- 0,4197 (±0,2230)	+ 0,9183 (±0,0522)	+ 0,8525 (±0,1381)	- 0,7381 (±0,1114)	+ 0,8182 (±0,0940)	+ 0,5282 (±0,7062)	+ 0,9284 (±0,0816)
Prod. de frutos comerciais (PFC)	-	+ 0,8217 (±0,0816)	- 0,6124 (±0,1539)	- 0,8062 (±0,1722)	- 0,4188 (±0,2250)	+ 0,9726 (±0,0365)	+ 0,7190 (±0,1201)	- 0,7809 (±0,0989)	+ 0,8234 (±0,0958)	+ 0,6745 (±0,7682)	+ 0,9321 (±0,697)
Nº total de frutos (NTF)	-	-	- 0,9256 (±0,0373)	- 0,6248 (±0,1875)	- 0,8012 (±0,1204)	+ 0,9605 (±0,0294)	+ 0,9833 (±0,0143)	- 0,8206 (±0,0762)	+ 0,4339 (±0,1981)	+ 0,0810 (±0,5091)	+ 0,7959 (±0,1313)
Peso médio de frutos comerciais (PMFC)	-	-	0,4904 (±0,2169)	-	+ 0,8491 (±0,1101)	- 0,8207 (±0,0874)	- 0,9493 (±0,0282)	+ 0,8769 (±0,0552)	- 0,2134 (±0,2326)	- 0,0759 (±0,5221)	- 0,6754 (±0,1678)
% produção precoce (% PP)	-	-	-	-	+ 0,0466 (±0,3111)	- 0,6866 (±0,1733)	- 0,7010 (±0,1706)	+ 0,6219 (±0,1916)	- 0,7965 (±0,1685)	- 1,1463 ^a (±0,7633)	- 0,9414 (±0,1908)
% frutos rechados (% FR)	-	-	-	-	-	- 0,6735 (±0,1687)	- 0,7531 (±0,1362)	+ 0,6746 (±0,1515)	+ 0,0139 (±0,2734)	+ 1,5479 ^a (±1,4285)	- 0,1729 (±0,2881)
Nº cachos/planta (NC/P)	-	-	-	-	-	-	+ 0,9010 (±0,0645)	- 0,8260 (±0,0834)	+ 0,6823 (±0,1439)	+ 0,2766 (±0,5813)	+ 0,9217 (±0,0830)
Nº frutos/cacho (NF/C)	-	-	-	-	-	-	-	- 0,8052 (±0,818)	+ 0,3506 (±0,2132)	+ 0,3440 (±0,5736)	+ 0,7264 (±0,1489)
Nº lóculos/fruto (NL/F)	-	-	-	-	-	-	-	-	- 0,4582 (±0,1922)	- 0,1268 (±0,5007)	- 0,8165 (±0,1168)
Altura da planta (AP)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+ 1,0363 ^a (±0,9208)	+ 0,9327 (±0,0944)
Altura de inserção do primeiro cacho (AIPC)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+ 1,0347 ^a (±0,9388)
Nº internódios/planta (NI/P)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

^a Estimativa prejudicada devido à magnitude do erro padrão.

TABELA 4. Estimativa dos coeficientes de correlação fenotípicos - r_p para os doze caracteres estudados.

Caracteres	PFC	NTF	PMFC	% PP	% FR	NC/P	NF/C	NL/F	AP	AIPC	NI/P
Prod. total de frutos (PTF)	+0,9806	+0,7472	-0,4897	-0,4540	-0,3585	+0,8340	+0,6180	-0,6838	+0,7380	+0,0445	+0,7537
Prod. total de frutos comerciáveis (PFC)		+0,7806	-0,5477	-0,4940	-0,3572	+0,8662	+0,6638	-0,7142	+0,7221	+0,0814	+0,7966
Nº total de frutos (NTF)			-0,8909	-0,4736	-0,6378	+0,8983	+0,9452	-0,7984	+0,3999	-0,0040	+0,6023
Peso médio dos frutos comerciáveis (PMFC)				+0,3954	+0,6560	+0,7419	-0,9107	+0,8523	-0,1690	+0,0895	-0,5008
% produção precoce (% PP)					+0,0664	-0,5456	-0,5147	+0,4379	-0,5272	-0,6037	-0,5011
% frutos rachados (% FR)						-0,5156	-0,5957	+0,5716	-0,0035	+0,2666	-0,2087
Nº cachos/planta (NC/P)							+0,7778	-0,7528	+0,5954	+0,0356	+0,7527
Nº frutos/cacho (NF/C)								-0,7844	+0,3276	+0,0685	+0,5647
Nº lóculos/fruto (NL/F)									-0,4067	-0,0481	-0,6510
Altura da planta (AP)										+0,3054	+0,7171
Altura de inserção do primeiro cacho (AIPC)											+0,2931
Nº internódios/planta (NI/P)											

ou são próximos de zero ou foram estimados com pouca precisão (altos erros padrões).

A mais alta correlação genotípica obtida com boa precisão foi entre produção total de frutos (PTF) e produção de frutos comerciáveis (PFC) - $r_G = +0,9953$. Estes dois caracteres estão altamente correlacionados positivamente com número total de frutos (NTF). Por sua vez, as correlações entre esses três caracteres e o peso médio de frutos comerciais (PMFC) são moderada ou altamente negativas, o que indica a dificuldade em se selecionar, simultaneamente, para maior número e para maior tamanho de frutos.

Observa-se, também, que os caracteres PTF, PFC e NTF estão positivamente correlacionados com o número de cachos por planta (NC/P), com o número de frutos por cacho (NF/C), e negativamente correlacionados com percentagem de produção precoce (% PP), percentagem de frutos rachados (% FR) e número de lóculos por fruto (NL/F). Para o caso das correlações genotípicas entre PMFC versus NC/P, NF/C, % PP, % FR e NL/F, os sinais se invertem (Tabela 3).

As correlações genotípicas envolvendo o caráter altura de inserção do primeiro cacho (AIPC) apresentaram grandes erros padrões, o que as torna pouco informativas (Tabela 3).

Altura da planta (AP) mostra-se positiva e altamente correlacionada com número de internódios por planta (NI/P). Assim, ambos os caracteres estão positivamente correlacionados com PTF, PFC, NTF, NC/P, NF/C e negativamente correlacionados com PMFC, % PP e NL/F. As correlações com % FR são praticamente nulas.

CONCLUSÕES

1. Em geral, os coeficientes de correlação ambiental foram de pequena magnitude, e as correlações fenotípicas foram de mesmo sinal que as genotípicas, porém ligeiramente inferiores a estas em módulo. Isso indica que o componente genético das correlações tem maior influência que os componentes ambientais, e que o fenótipo reflete adequadamente o genótipo.

2. Os caracteres referentes às produções total e comerciável de frutos, bem como número total de

frutos apresentam alta correlação genotípica positiva entre si, mas estão negativamente correlacionados com o peso médio dos frutos comerciáveis. Os três primeiros caracteres citados estão também positivamente correlacionados com o número de cachos por planta, com o número de frutos por cacho, e negativamente correlacionados com percentagem de produção precoce, percentagem de frutos rachados e número de lóculos por fruto; com peso médio de frutos comerciáveis, os sinais dessas correlações genotípicas e fenotípicas se invertem.

3. As correlações aqui consideradas são válidas estritamente para o conjunto de linhas parentais consideradas - Kada, Santo Antônio, São Sebastião, Ângela, Floradel e BGH 3470. A extensão destas conclusões para outros cruzamentos dialélicos ou populações segregantes provenientes de germoplasma diverso é temerária e deve ser evitada.

REFERÊNCIAS

- FALCONER, D.S. *Introduction to quantitative genetics*. New York, Ronald Press, 1960. 365p.
- KEMPTHORNE, O. *An introduction to genetic statistics*. Ames, The Iowa State University Press, 1969. 545p.
- LIMA, T.S.O. *Avaliação das capacidades geral e específica de combinação e correlação entre caracteres em oito populações de milho (*Zea mays* L.) opaco-2*. Viçosa, UFV, 1977. 71p. Tese Mestrado.
- MALUF, W.R.; MIRANDA, J.E.C. de & CAMPOS, J.P. de. *Análise genética de um cruzamento dialélico de cultivares de tomate. I. Características referentes à produção de frutos*. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 17(4):633-41, 1982.
- MIRANDA, J.E.C. de. *Avaliação de seis cultivares de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) e suas progênes híbridas F₁*. Viçosa, UFV, 1978. 42p. Tese Mestrado.
- PEREIRA, P. *Comportamento de linhagens de milho (*Zea mays* L.) em cruzamentos dialélicos*. Viçosa, UFV, 1978. 70p. Tese Mestrado.
- REGAZZI, A.J.; SILVA, J.C.; THIÉBAULT, J.T.L.; OLIVEIRA, L.M. & GALVÃO, J.D. *Variâncias, covariâncias e correlações fenotípicas, genotípicas e genéticas aditivas num composto de milho (*Zea mays* L.)* *R. Ceres*, Viçosa, 27(149): 32-46, 1980.
- SCHEINBERG, E. *The sampling variance of the correlation coefficients estimated in genetic experiments*. *Biometrics*, 22:187-191, 1966.