

ANÁLISE GENÉTICA DE UM CRUZAMENTO DIALÉLICO DE CULTIVARES DE TOMATE

II. CARACTERÍSTICAS VEGETATIVAS¹

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

RESUMO - Análise genética de características vegetativas das plantas do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.) foi efetuada em um cruzamento dialélico de seis cultivares: Kada, Santo Antônio, São Sebastião, Ângela, Floradel e BGH 3470, pelo método de Jinks-Hayman. As seis cultivares parentais e seus quinze híbridos possíveis foram testados no ano de 1977, em dois locais: Viçosa e Ponte Nova, MG. Não houve evidência de epistasia nem de sobredominância em nenhuma das características estudadas. Houve dominância completa para maior número de cachos por planta, maior altura de planta e maior número de internódios por planta; e dominância incompleta para maior número de frutos por cacho e menor número de lóculos por fruto.

Termos para indexação: *Lycopersicon esculentum* Mill., melhoramento, dialélico, ação gênica.

GENETIC ANALYSIS OF A DIALLEL CROSS IN TOMATO II. VEGETATIVE CHARACTERS

ABSTRACT - Jinks-Hayman genetic analysis was performed on vegetative characters of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) plants in a diallel cross of six cultivars - Kada, Santo Antônio, São Sebastião, Ângela, Floradel e BGH 3470. The six cultivars and their fifteen possible F₁ hybrids were tested in 1977 in two locations: Viçosa (MG) and Ponte Nova (MG). There was no evidence of epistasis or overdominance in any of the characters studied. There was complete dominance in the direction of more clusters per plant, longer plants and higher number of internodes per plant, and incomplete dominance for higher number of fruits per cluster and lower number of locules per fruit.

Index terms: *Lycopersicon esculentum* Mill, breeding, diallel, gene action.

INTRODUÇÃO

A análise dialélica de Jinks-Hayman (Jinks & Hayman 1953, Jinks 1954, 1955, 1956; Hayman 1954a, b) permite um melhor conhecimento das relações genéticas entre linhagens parentais envolvidas em cruzamentos e pode ser útil na identificação de híbridos e/ou cruzamentos promissores (Allard 1956).

Essa análise foi aplicada aos dados de um cruzamento dialélico de cultivares de tomate, realizado por Miranda (1978), para características relacionadas à produção de frutos. Não se detectou evidência de epistasia nem de sobredominância, o que concorda com as conclusões de Powers (1952) e Burdick (1954) para o tomate. Houve

dominância completa para maior produção total e maior produção comerciável de frutos, dominância incompleta para maior número total de frutos, maior número de frutos comerciáveis e menor percentagem de frutos rachados, ausência de dominância para peso médio de frutos comerciáveis e percentagem de produção precoce (Maluf et al. 1982).

No presente trabalho, utilizou-se a mesma metodologia para a análise genética de características vegetativas do tomateiro, no referido cruzamento dialélico.

MATERIAL E MÉTODOS

Efetuar-se todos os quinze cruzamentos possíveis entre seis cultivares de tomate (Kada, Santo Antônio, São Sebastião, Ângela, Floradel e BGH 3470) e não se fez distinção entre cruzamentos recíprocos (Miranda 1978).

Ensaio experimental foram instalados, em 1977, em dois locais: Viçosa e Ponte Nova, MG. Utilizou-se o delineamento experimental de blocos casualizados, com 21 tratamentos (seis cultivares parentais e quinze híbridos F₁) e quatro repetições em Viçosa, e três em Ponte

¹ Aceito para publicação em 25 de fevereiro de 1982.

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

³ Eng.^o Agr.^o, Ph.D., CNPq/EMBRAPA.

⁴ Eng.^o Agr.^o, Ph.D., Dept.^o de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, CEP 36570 - Viçosa, MG.

Nova. Descrição mais detalhada dos aspectos fitotécnicos é dada por Miranda (1978) e Maluf et al. (1981).

Avaliaram-se os seguintes caracteres:

- Número de cachos por planta;
- Número de frutos por cacho;
- Número de lóculos por fruto;
- Altura da planta (cm);
- Altura da inserção do primeiro cacho (cm);
- Número de internódios por planta.

Tomando-se as médias dos tratamentos nos dois locais, efetuou-se uma análise de variância de quadrados mínimos, não ponderada para o número de repetições por local, e testou-se o efeito de genótipos contra a interação locais x genótipos. Como houve significância ao nível de 5% de probabilidade para o efeito de genótipos, procedeu-se à análise genética do caráter em questão, segundo o método de Jinks-Hayman (Hayman 1954a, b; Jinks 1954).

Em conformidade com esta análise, estimaram-se os seguintes parâmetros: \bar{V}_{OLO} , \bar{V}_r , \bar{W}_r , \bar{D} , \hat{H}_1 , \hat{H}_2 , \bar{F} , \hat{h}^2 , \hat{E} , $\sqrt{\hat{H}_1/\bar{D}}$, $\hat{H}_2/4\hat{H}_1$, $(\sqrt{4\bar{D}\hat{H}_1} + \bar{F}) / (\sqrt{4\bar{D}\hat{H}_1} - \bar{F})$ e \hat{h}^2/\hat{H}_2 , cujo significado é explicado por Hayman (1954b) e Maluf et al. (1982).

Valores de $(\bar{W}_r - \bar{V}_r)$ de cada local foram testados para homogeneidade. Aceita esta hipótese, prosseguiu-se a análise; fez-se a regressão dos \bar{W}_r em \bar{V}_r e plotou-se a parábola limitante ($\bar{W}_r = \pm \sqrt{\bar{V}_{OLO}} \times \bar{V}_r$), segundo a metodologia de Jinks-Hayman (Jinks 1954; Hayman 1954b).

O valor de $\sqrt{\hat{H}_1/\bar{D}}$, o teste de significância de \hat{H}_2 e da diferença $(\bar{D} - \hat{H}_1)$, e a análise gráfica foram usados na interpretação do grau de dominância. O sinal e a magnitude do coeficiente de correlação (ρ) de $(\bar{W}_r - \bar{V}_r)$ com a produção média da linha parental \bar{Y}_r foram usados na avaliação do sentido de atuação dos genes dominantes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises de variância referentes ao teste de homogeneidade ($\bar{W}_r - \bar{V}_r$) nos dois locais permiti-

ram a aceitação de tal hipótese e a aplicação da análise de Jinks-Hayman.

As médias das cultivares parentais para cada caráter estudado são apresentados na Tabela 1. Os parâmetros da análise dialélica encontram-se nas Tabelas 2 e 3, e as representações gráficas, nas Fig. 1 a 6.

Número de cachos por planta. A regressão de \bar{W}_r em \bar{V}_r ($\beta = 1,000 \pm 0,116$ Fig. 1) não difere estatisticamente de um ($\alpha = 5\%$), mas difere significativamente de zero ($\alpha = 1\%$); não evidencia presença de ação gênica epistática, e indica a validade do modelo aditividade-dominância. A alta correlação negativa entre $(\bar{W}_r + \bar{V}_r)$ e \bar{Y}_r (Tabela 3) indica haver dominância no sentido de maior número de cachos.

A análise dos valores de \hat{H}_2 , $(\bar{D} - \hat{H}_1) \sqrt{\hat{H}_1/\bar{D}}$ levam à conclusão da existência de dominância completa, o que se reflete no fato de a reta regressão em \bar{V}_r passar relativamente próxima à origem (Fig. 1). As cultivares do grupo Santa Cruz comportam-se semelhantemente; contêm maior proporção de genes dominantes do que as cultivares Floradel e BGH 3470, nas quais predominam os alelos recessivos.

Há mais de um loco ou bloco gênico exibindo dominância para o caráter ($\hat{h}^2/\hat{H}_2 = 1,32$), e o número de alelos dominantes está para o número de recessivos na razão aproximada de 2:1 ($(\sqrt{4\bar{D}\hat{H}_1} + \bar{F})/(\sqrt{4\bar{D}\hat{H}_1} - \bar{F}) = 1,96$). Sendo os genes dominantes positivos e os recessivos negativos, para o caráter em questão, isto se traduz numa assimetria entre genes positivos e negativos, representada por um valor de $\hat{H}_2/4\hat{H}_1$ menor que 0,25 ($\hat{H}_2/4\hat{H}_1 = 0,17$).

TABELA 1. Médias das cultivares parentais para características vegetativas do tomateiro.

Caráter	Cultivar parental						DMS (5%)
	Kada	S. Antônio	S. Sebastião	Ângela	Floradel	BGH 3470	
Nº cachos/planta	8,96	8,37	9,88	9,42	6,00	6,87	0,90
Nº de frutos/cacho	4,59	5,78	6,04	5,87	2,85	4,44	0,42
Nº de lóculos/fruto	2,10	2,22	2,22	2,22	7,69	3,19	0,19
Altura da planta (cm)	253	242	236	226	202	188	24
Altura de inserção do primeiro cacho (cm)	26,80	30,60	22,90	23,00	26,70	22,30	6,70
Nº internódios/planta	37,80	33,30	36,20	36,30	30,30	32,20	3,80

TABELA 2. Componentes da análise dialélica de características vegetativas do tomateiro.

Características	Componentes \pm erro padrão					
	\hat{D}	\hat{H}_1	\hat{H}_2	\hat{F}	\hat{h}_2	\hat{E}
Nº cachos/planta	2,25 \pm 0,10	2,32 \pm 0,24	1,61 \pm 0,22	1,48 \pm 0,24	2,12 \pm 0,15	0,19 \pm 0,04
Nº frutos/cacho	1,51 \pm 0,03	0,11 \pm 0,08	0,20 \pm 0,07	0,13 \pm 0,08	0,35 \pm 0,05	0,04 \pm 0,01
Nº lóculos/fruto	4,63 \pm 0,03	1,71 \pm 0,08	0,96 \pm 0,08	3,72 \pm 0,08	0,81 \pm 0,05	0,01 \pm 0,01
Altura da planta (cm)	561 \pm 115	941 \pm 293	873 \pm 262	28 \pm 282	1.657 \pm 176	133 \pm 44
Altura de inserção do primeiro cacho (cm)	7,05 \pm 1,79	0,05 \pm 4,55	0,10 \pm 4,07	1,93 \pm 4,38	21,52 \pm 2,74	10,15 \pm 0,68
Nº internódios/planta	11,00 \pm 0,90	11,90 \pm 2,40	9,20 \pm 2,10	6,20 \pm 2,30	19,20 \pm 1,40	3,40 \pm 0,40

TABELA 3. Parâmetros obtidos da análise dialélica de características vegetativas do tomateiro.

Características	Parâmetros						
	$\sqrt{\hat{H}_1/\hat{D}^a}$	\hat{h}/\hat{H}_2^b	$\frac{\sqrt{4\hat{D}\hat{H}_1 + \hat{F}^c}}{\sqrt{4\hat{D}\hat{H}_1 - \hat{F}}}$	$\hat{H}_2/4\hat{H}_1^d$	$(\hat{D} - \hat{H}_1)$ \pm erro padrão	ρ^e	$\beta \pm$ erro padrão
Nº cachos/planta	1,02	1,32	1,96	0,17	0,07 \pm 0,30	-0,929	1,000 \pm 0,116
Nº frutos/cacho	0,27	1,75	0,73	0,45	1,40 \pm 0,10	-0,597	0,961 \pm 0,226
Nº lóculos/fruto	0,61	0,84	4,90	0,14	2,92 \pm 0,11	+0,985	0,996 \pm 0,020
Altura da planta (cm)	1,29	1,90	0,96	0,23	380 \pm 363	-0,770	0,659 \pm 0,185
Altura de inserção do primeiro cacho (cm)	0,09	215,20	0,23	0,47	6,70 \pm 5,65	+0,605	0,759 \pm 0,375
Nº internódios/planta	1,04	2,08	1,75	0,19	0,9 \pm 3,0	-0,916	1,125 \pm 0,172

^a Grau médio de dominância.

^b Número mínimo de genes que exibem dominância.

^c Razão do número de alelos dominantes para alelos recessivos.

^d Produto das frequências médias de alelos positivos e negativos com dominância.

^e Coeficiente de correlação entre $(W_r + V_r)$ e a produção média (Y_r) das linhas parentais r.

^f Coeficiente linear da regressão $(W_r, V_r) \pm$ erro padrão.

Número de frutos por cacho. O valor da regressão de W_r em V_r foi próximo da unidade (Fig. 2), indicando ausência de epistasia. A reta-regressão passando bem acima da origem, indica dominância incompleta (Fig. 2), com um baixo grau de dominância, próximo a zero ($\sqrt{\hat{H}_1/\hat{D}} = 0,27$, Tabela 2). Os alelos com certo grau de dominância tendem a favorecer maior número de frutos (coeficiente de correlação entre $(\hat{W}_r + \hat{V}_r)$ e $\hat{Y}_r = -0,597$).

A pouca precisão das estimativas de \hat{H}_1 , \hat{H}_2 e \hat{F} não permite uma estimativa confiável do número relativo de alelos positivos e negativos, ou de alelos dominantes e recessivos, ou do número de genes envolvidos. Esta pouca precisão pode ser responsabilizada pela estimativa $\hat{H}_2/4\hat{H}_1 = 0,45$, que, teoricamente, não deveria ser superior a 0,25.

Número de lóculos por fruto. A análise revelou a ausência de epistasia detectável e a ocorrência de dominância incompleta no sentido de menor número de lóculos (Fig. 3, Tabelas 2 e 3). O núme-

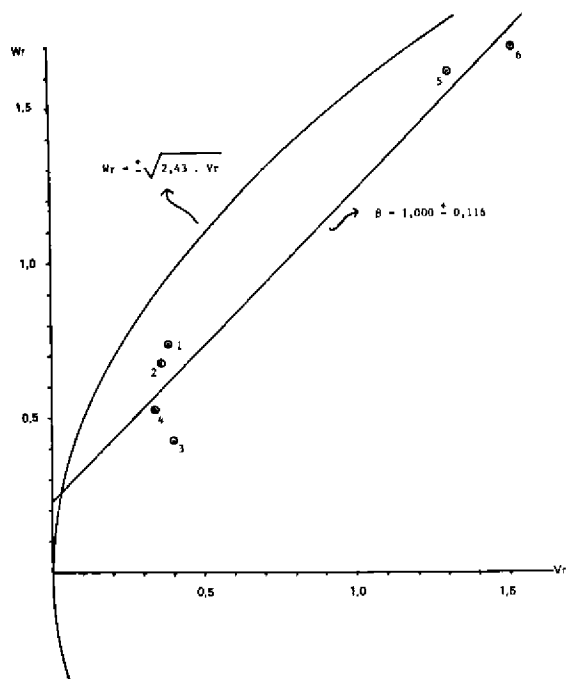


FIG. 1. Regressão de W_r em V_r e parábola limitante, para o caráter número de cachos por planta. Cultivares:

- | | |
|------------------|-------------|
| 1. Kada | 4. Ângela |
| 2. Santo Antônio | 5. Floradel |
| 3. São Sebastião | 6. BGH 3470 |

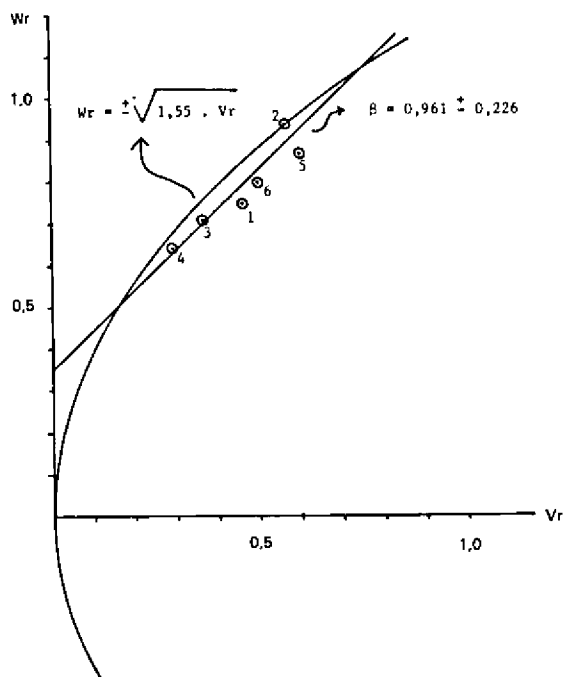


FIG. 2. Regressão de W_r em V_r e parábola limitante, para o caráter número de frutos por cacho. Cultivares:

- | | |
|------------------|-------------|
| 1. Kada | 4. Ângela |
| 2. Santo Antônio | 5. Floradel |
| 3. São Sebastião | 6. BGH 3470 |

ro mínimo de genes envolvidos é um ($\hat{h}^2/\hat{H}_2 = 0,84 \approx 1$) e, de de que as cultivares Kada, Santo Antônio, São Sebastião, Ângela e BGH 3470 são totalmente dominantes e a cultivar Floradel totalmente recessiva para o caráter considerado, é razoável assumir que apenas um locus gênico controla o número de lóculos por fruto. É provável que as cultivares biloculares mais a trilocular (BGH 3470) contemham o gene *Lc* para poucos lóculos por fruto, situado no cromossomo 2 (Rick & Butler 1956) e que as diferenças entre as primeiras e a última sejam devidas à ação de genes menores, cujo efeito não é detectado pela análise.

Altura da planta. O valor da regressão de W_r em V_r não diferiu significativamente de zero ($\alpha = 5\%$), mas diferiu significativamente de zero ($\alpha = 5\%$), levando à conclusão de ausência de epistasia detectável. A passagem da reta-regressão pela origem (Fig. 4) mostra dominância completa, o que se reflete no valor $\sqrt{\hat{H}_1/\hat{D}}$ próximo da unida-

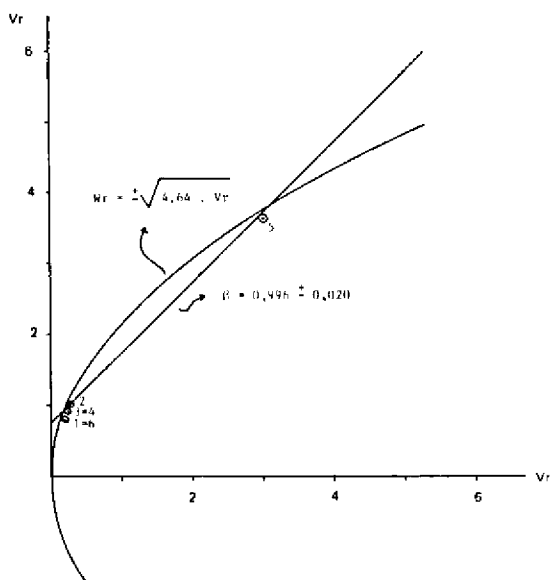


FIG. 3. Regressão de W_r em V_r e parábola limitante, para o caráter número de lóculos por fruto. Cultivares:

1. Kada	4. Ângela
2. Santo Antônio	5. Floradel
3. São Sebastião	6. BHG 3470

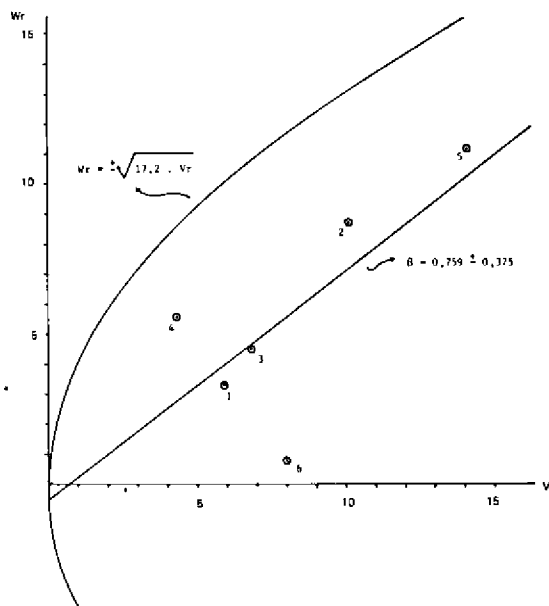


FIG. 5. Regressão de W_r em V_r e parábola limitante, para o caráter altura de inserção do primeiro cacho. Cultivares:

1. Kada	4. Ângela
2. Santo Antônio	5. Floradel
3. São Sebastião	6. BHG 3470

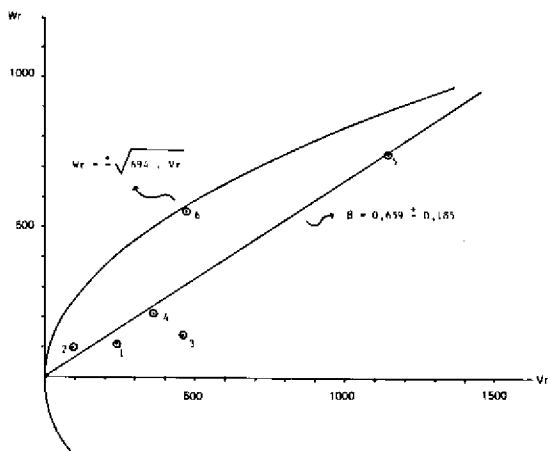


FIG. 4. Regressão de W_r em V_r e parábola limitante, para o caráter altura da planta. Cultivares:

1. Kada	4. Ângela
2. Santo Antônio	5. Floradel
3. São Sebastião	6. BHG 3470

de (Tabela 3). Os alelos dominantes predominantemente, mas não exclusivamente, atuam no sentido de aumentar a altura das plantas (correlação entre $(W_r + V_r)$ e $Y_r = -0,770$).

Há pelo menos dois genes que exibem dominância ($\hat{h}^2/\hat{H}_2 = 1,90$), e a razão do número de alelos dominantes para o de recessivos nas linhagens parentais é próxima de 1:1 ($(\sqrt{4\hat{D}\hat{H}_1} + \hat{F})/(\sqrt{4\hat{D}\hat{H}_1} - \hat{F}) = 0,96$). Há uma leve assimetria nas frequências de genes de efeitos positivos e genes de efeitos negativos, resultando em $\hat{H}_2/4\hat{H}_1 = 0,23$, ligeiramente inferior a 0,25.

Altura de inserção do primeiro cacho. Não houve efeito significativo de genótipos para altura de inserção do primeiro cacho. Não se espera, portanto, que a análise dialélica de Jinks-Hayman venha a ser informativa, uma vez que a variação de natureza genética é pequena. De fato, essa pequena variabilidade genética refletiu-se na pouca precisão da regressão de W_r em V_r , cujo valor ($\beta = 0,759 \pm$

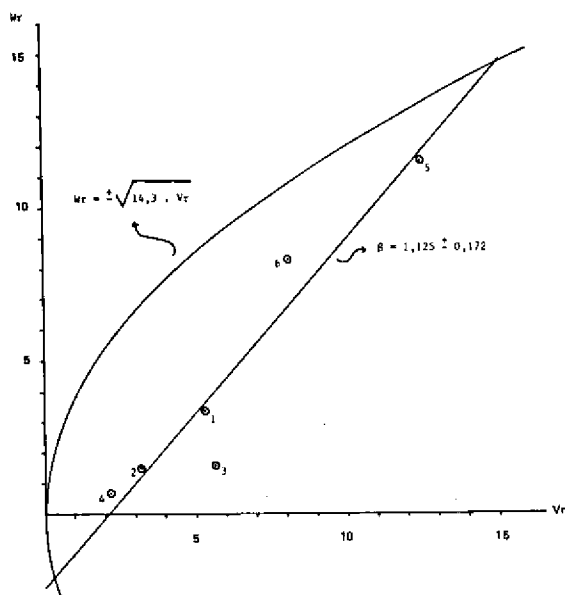


FIG. 6. Regressão de W_r em V_r e parábola limitante, para o caráter número de internódios por planta. Cultivares:

- | | |
|------------------|-------------|
| 1. Kada | 4. Ângela |
| 2. Santo Antônio | 5. Floradel |
| 3. São Sebastião | 6. BGH 3470 |

$\pm 0,375$) não diferiu significativamente de zero nem da unidade. Desta maneira, a análise subsequente torna-se irrelevante (Fig. 5).

Número total de internódios. O valor da regressão de W_r em V_r ($\beta = 1,125 \pm 0,172$) mostrou-se significativamente diferente de zero, mas não diferente da unidade e mostrou a ausência de epistasia e a adequação do modelo aditividade-dominância. A análise dos valores de \hat{H}_2 , $(\hat{D} - \hat{H}_1)$ e $\sqrt{\hat{H}_1/\hat{D}}$ indica que há dominância completa, o que se reflete na interseção da reta-regressão (Fig. 6) com o eixo dos W_r próxima à origem. A alta correlação negativa de $(W_r + V_r)$ com Y_r indica que os alelos dominantes atuam no sentido de maior número de internódios. As cultivares do grupo Santa Cruz possuem maior proporção de genes dominantes do que a Floradel, e esta, uma proporção maior do que a BGH 3470.

Há pelo menos dois loci gênicos que exibem dominância ($\hat{h}^2/\hat{H}_2 = 2,08$), e a proporção do número de alelos dominantes para o de recessivos é próxi-

ma de 2:1 ($(\sqrt{4\hat{D}\hat{H}_1} + \hat{F})/(\sqrt{4\hat{D}\hat{H}_1} - \hat{F}) = 1,75$). Como os genes dominantes são positivos para o caráter, e os recessivos negativos, é de esperar que o produto de suas frequências seja inferior a 0,25, o que se percebe no valor estimado de $\hat{H}_2/4\hat{H}_1 = 0,19$.

CONCLUSÕES

1. Os resultados apresentados não proporcionam qualquer suporte para a interpretação da heterose baseada na sobredominância e/ou epistasia, e as observações podem ser explicadas em termos de dominância.

2. Houve dominância completa no sentido de maior número de cachos por planta, maior altura de planta e maior número de internódios por planta, dominância incompleta para maior número de frutos por cacho e menor número de lóculos por fruto. Neste último caso, é provável que as cultivares biloculares mais a trilocular (BGH 3470) contemham o gene *Lc* para poucos lóculos por fruto, situado no cromossomo 2, e que as diferenças entre as primeiras e a última sejam devidas à ação de genes de efeitos menores; a cultivar multilocular Floradel conteria o alelo recessivo correspondente.

REFERÊNCIAS

- ALLARD, R.W. Estimation of prepotency from lima bean diallel cross data. *Agron. J.*, 48:537-46, 1956.
- BURDICK, A.B. Genetic of heterosis for earliness in the tomato. *Genetics*, 39(4):488-505, 1954.
- HAYMAN, B.I. The analysis of variance of diallel tables. *Biometrics*, 10:235-44, 1954a.
- HAYMAN, B.I. The theory and analysis of diallel crosses. *Genetics*, 39:789-809, 1954b.
- JINKS, J.L. The analysis of continuous variation in a diallel cross of *Nicotiana rustica* varieties. *Genetics*, 39:767-88, 1954.
- JINKS, J.L. A survey of the genetical basis of heterosis in a variety of diallel crosses. *Heredity*, 9:223-38, 1955.
- JINKS, J.L. The F_2 and backcross generations from a set of diallel crosses. *Heredity*, 10:1-20, 1956.
- JINKS, J.L. & HAYMAN, B.I. The analysis of diallel crosses. *Maize Genet. Newslet.* 27:48-54, 1953.
- MALUF, W.R.; MIRANDA, J.E.C. & CAMPOS, J.P. Análise genética de um cruzamento dialélico de cultivares de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). I. Características referentes à produção de frutos. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 17(4):633-41, 1982.

- MIRANDA, J.E.C. Avaliação de seis cultivares de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) e suas progênes híbridas F₁. Viçosa, UFV, 1978. 42p. Tese Mestrado.
- POWERS, L. Gene recombination and heterosis. In: GOWEN, J.W. ed. Heterosis. Ames, Iowa State College Press, 1952.
- RICK, C.M. & BUTLER, L. Cytogenetics of the tomato. Adv. Genet., 8:267-382, 1956.