

ADEQUAÇÃO DE MODELO ADITIVO—DOMINANTE EM DOIS CARACTERES DE CROTALÁRIA (1)

MANOEL ALBINO COELHO DE MIRANDA (2)

RESUMO

Partindo do pressuposto de que as médias das populações parentais, das segregantes (F_2 e retrocruzamento) e da híbrida (F_1), poderiam ser expressas em termos da média dos parentais (m), do efeito aditivo (a) e do efeito de dominância (d), avaliou-se esse modelo pelos testes de escala individual e pelo de escala conjunta, em populações derivadas do cruzamento de duas linhagens endogâmicas de crotalária (*Crotalaria juncea* L.), para a produtividade de sementes e altura de planta. No Centro Experimental de Campinas, em 1990, as plantas foram distribuídas individualmente ao acaso na presença de insetos polinizadores. Concluiu-se que o modelo foi perfeitamente compatível aos dados de produção, não se verificando o mesmo ajustamento para os resultados de altura de planta. A estimativa do efeito de dominância para a produtividade de sementes, calculada através dos quadrados mínimos, foi nove vezes maior que o efeito aditivo. Esses resultados abrem a perspectiva da exploração do vigor de híbrido em crotalária, desde que haja possibilidade de controle da polinização através de mecanismos genéticos.

Termos de indexação: componentes das médias, efeito aditivo e de dominância, heterose, crotalária, *Crotalaria juncea* L.

ABSTRACT

ADEQUACY OF THE MODEL: ADITIVE—DOMINANT IN TWO TRAITS OF SUNN HEMP

It was assumed that the means of segregate and parental populations could be expressed in terms of the mean, additive and dominant effects. This assumption was evaluated through the individual scale test proposed by Mather, and the set scale test idealized by Cavalli, to the following characteristics: seed yield and plant height. The segregates were derived from crosses between two pure lines. The experiment was carried out in 1990, in field conditions at the Campinas Experimental Center of the Agronomic Institute in Campinas, State of São Paulo, Brazil. The results showed that the model was suitable to the seed yield but the same adjustment was not verified for plant height data. The estimation of dominant effect, calculated through the minimum square method, was nine times larger than the additive effect. These results open the prospects to the exploration of hybrid vigor in sunn hemp, since it is possible to control the polinization.

Index terms: mean components, additive and dominant effects, heterosis, sunn hemp, *Crotalaria juncea* L.

(1) Trabalho financiado parcialmente pela CIA. INDUSTRIAL de PAPEL PIRAHY. Recebido para publicação em 17 de abril e aceito em 22 de agosto de 1991.

(2) Seção de Leguminosas, Instituto Agronômico, Caixa Postal 28, 13001 Campinas (SP). Com bolsa de pesquisa do CNPq.

1. INTRODUÇÃO

A crotalária e a mucuna são os principais adubos verdes ora empregados no Estado de São Paulo, como resultado de trabalhos científicos e da diversificação da Seção de Leguminosas do Instituto Agrônômico.

O interesse em crotalária vem aumentando porquanto o emprego desta leguminosa não dificulta o plantio posterior de cultura de maior expressão econômica e por produzir massa vegetal em curto período de tempo.

A crotalária é uma opção para o plantio direto, após a cultura precoce de verão, sem inviabilizar a de inverno, mas sua maior contribuição é para a cultura irrigada. Os cultivos sucessivos de espécies de altos rendimentos econômicos levam a uma rápida diminuição nos teores de matéria orgânica do solo, com o aumento de nematóides e fungos patogênicos, diminuindo drasticamente a economicidade deste tipo de manejo. Essa redução da matéria orgânica e a utilização intensiva de máquinas também diminuem a porosidade do solo, dificultando o desenvolvimento do sistema radicular e diminuindo a eficiência na utilização de água e nutrientes.

Para minimizar esses fatores adversos, a crotalária é a solução mais viável, por ser espécie má hospedeira de nematóides de galhas, por produzir substâncias fungistáticas e por apresentar sistema radicular pivotante capaz de penetrar nas camadas compactadas.

Além da biofertilização, quando do cultivo desta leguminosa, ainda se tem a possibilidade de exploração de gomas extraídas do endosperma de suas sementes e de papéis de suas fibras liberianas.

Apesar da importância da crotalária, não se conhece quase nada da genética das características quantitativas: produtividade de sementes e altura de planta, além de outras. Assim, com a finalidade de dar subsídios ao programa de melhoramento sobre os componentes das médias, recorreu-se à formulação de modelos propostos por MATHER & JINKS (1984), na qual as médias das populações segregantes são expressas em termos da média dos parentais, que depende das condições gerais das observações, do componente aditivo, representado pela diferença entre os homozigotos em relação à dos parentais, e do componente de dominância refletido pelas propriedades dos heterozigotos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

As populações parentais foram obtidas por autofecundação, no caso da linhagem IAC77-2, pois esta produz sementes na ausência de insetos polinizadores e por irmãos germanos, no caso da IAC-2, portanto, ambas com alto grau de homozigose. A geração F₂ também foi obtida por autopolinização natural, da geração F₁, dentro de casa de vegetação, visto apresentar autocompatibilidade. A geração F₁ e os retrocruzamentos foram resultantes de cruzamento manual, em

botões, utilizando-se os genes marcadores para pigmentação antociânica e pilosidade no hipocótilo, para evitar eventuais autofecundações (MIRANDA, 1981, e MIRANDA et al., 1989).

A sementeira, em vasos plásticos de 250ml de capacidade, efetuou-se em 26 de janeiro de 1990, transplantando-se, a 7 de fevereiro, as plântulas no campo, no espaçamento de 0,5 x 0,5m, após avaliação quanto à cor e à presença de tricomas no hipocótilo. Colheu-se em 12 de julho, quando foram tomados os dados de produtividade, em gramas por planta, e de altura, em centímetros, medida desde o colo até o racemo terminal.

As plantas foram distribuídas individualmente ao acaso, sendo a população P_1 (IAC77-2) representada por 10 plantas; a P_2 (IAC-2) por 59; a F_1 por 90; a F_2 por 166, a RCP_1 (retrocruzamento para P_1) por 75, e a RCP_2 (retrocruzamento para P_2) por 80, perfazendo um total de 480 plantas.

A validade dos modelos foi feita conforme MATHER (1949), através dos testes de escala individual com as relações seguintes:

$$A = 2 \times \overline{RCP}_1 - \bar{P}_1 - \bar{F}_1 = 0;$$

$$B = 2 \times \overline{RCP}_2 - \bar{P}_2 - \bar{F}_1 = 0;$$

$$C = 4 \times \bar{F}_2 - 2 \times \bar{F}_1 - \bar{P}_1 - \bar{P}_2 = 0,$$

e das variâncias dos contrastes:

$$VA = 4 \times \overline{VRCP}_1 + \overline{VP}_1 + \overline{VF}_1;$$

$$VB = 4 \times \overline{VRCP}_2 + \overline{VP}_2 + \overline{VF}_1;$$

$$VC = 16 \times \overline{VF}_2 + 4 \times \overline{VF}_1 + \overline{VP}_1 + \overline{VP}_2,$$

sendo \bar{P}_1 , \bar{P}_2 , \bar{F}_1 , \bar{F}_2 , \overline{RCP}_1 e \overline{RCP}_2 a média e \overline{VP}_1 , \overline{VP}_2 , \overline{VF}_1 , \overline{VF}_2 , \overline{VRCP}_1 e \overline{VRCP}_2 a variância da média das respectivas populações.

Como o valor esperado para cada contraste é zero, cada um pode ser testado pela razão entre o valor calculado e seu desvio padrão, como se fosse um dado de uma curva normal estandardizada, sendo esta comparada numa tabela de probabilidade de desvios normais (STEEL & TORRIE, 1960).

Com os mesmos dados de altura de planta e produtividade de sementes, empregou-se também o teste de escala conjunta, proposto por CAVALLI (1952), que consiste em estimar os parâmetros do modelo, (m) (a) e (d), a partir das médias de todas as famílias. A comparação dessas médias observadas com seus valores esperados, derivados da estimativa dos três parâmetros, foi feita pelo teste do χ^2 , sendo as estimativas das três incógnitas obtidas pela técnica dos quadrados mínimos. Como as médias das gerações, às quais está sendo ajustado o modelo, não são conhecidas com igual precisão, ponderaram-se esses valores pelos pesos

representados pela recíproca das variâncias das médias. A adequação do ajuste deste modelo foi testada estatisticamente, elevando-se ao quadrado o desvio observado, em relação ao esperado, para cada tipo de família multiplicado pelo respectivo peso. A soma dos produtos de todas as seis famílias é um χ^2 com 3 graus de liberdade.

As três equações simultâneas foram resolvidas pela inversão de matrizes, sendo que o inverso da matriz de informação é, em si, uma matriz de variância-co-variância, que fornece a variância das estimativas na diagonal principal (MATHER & JINKS, 1984).

A heterose, que corresponde à manifestação do vigor de híbrido, foi medida pela diferença entre o valor da geração F_1 e o valor da média dos parentais, expressa em percentagem (FEHR, 1987). Utilizaram-se as estimativas para o cálculo das médias das populações, no caso da produção de sementes por planta, e as médias da altura de planta.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os testes de escala individual A, B e C - Quadro 1 - quando aplicados aos dados de produtividade (g/planta), mostraram que o modelo é adequado e que os desvios não diferem significativamente do valor zero esperado. Portanto, o comportamento médio das famílias pode ser explicado em termos da média dos parentais (m) e dos componentes aditivo (a) e de dominância (d).

QUADRO 1. Resultados dos testes de escala individual para produção de sementes e altura de plantas

Relações	Valor calculado	Desvio padrão	Probabilidade
Produção			%
g			
A ($2 \overline{RCP}_1 - \overline{P}_1 - \overline{F}_1 = 0$)	+2,1583	$\pm 3,2766$	25,46ns
B ($2 \overline{RCP}_2 - \overline{P}_2 - \overline{F}_1 = 0$)	- 3,7959	$\pm 2,8206$	8,85ns
C ($4 \overline{F}_2 - 2\overline{F}_1 - \overline{P}_1 - \overline{P}_2 = 0$)	+3,9246	$\pm 4,6380$	19,77ns
Altura			
cm			
A ($2 \overline{RCP}_1 - \overline{P}_1 - \overline{F}_1 = 0$)	+20,3577	$\pm 8,7847$	1,02*
B ($2 \overline{RCP}_2 - \overline{P}_2 - \overline{F}_1 = 0$)	+11,9149	$\pm 5,0071$	0,87**
C ($4 \overline{F}_2 - 2\overline{F}_1 - \overline{P}_1 - \overline{P}_2 = 0$)	+16,9582	$\pm 10,8808$	5,94ns

*, ** = Significativo ao nível de 5 e de 1% respectivamente; ns = não significativo.

Os resultados obtidos pelo teste de escala conjunta forneceram dados que mostraram a adequação do modelo aditivo-dominante, com desvios também não significativos (Quadro 2)

O teste de escala conjunta fez mais do que testar a adequação do modelo aditivo-dominante, pois forneceu também as melhores estimativas possíveis para explicar as diferenças entre as médias das famílias (Quadro 3).

Os dados de produtividade de sementes apontam que o componente de dominância é quase nove vezes maior que o componente aditivo e que as estimativas são significativamente diferentes de zero, quando examinadas numa tabela de probabilidade de desvios normais (Quadro 3).

O mesmo método de análise foi empregado para a interpretação dos resultados de altura de planta. Os testes de escalas individuais apontam significância em duas das três relações empregadas (Quadro 1). Novamente, quando da utilização do teste de escala conjunta, os desvios também foram significativos (Quadro 4). A estimativa obtida para a altura da planta, em relação ao componente aditivo, não diferiu de zero (Quadro 3). Portanto, os resultados para altura de planta não se ajustam ao modelo aditivo-dominante.

Provavelmente, o fator preponderante para a não-adequação do modelo seja a presença de plantas com fasciação, nas populações parentais, reduzindo-lhes o porte. Sabe-se que a homozigose condiciona o aparecimento de genes recessivos deletérios, mascarados pela dominância. No caso desta anomalia, fasciação, determinantes do ambiente fazem com que a característica não se manifeste em todas as plantas, tendo, portanto, baixa penetrância.

QUADRO 2. Resultados dos testes de escala conjunta para produção de sementes

Gerações	Nº de plantas	Variância da média $V \bar{x}$	Peso $1/\sqrt{x}$	Modelo			Média		χ^2
				m	a	d	Observada	Esperada	
———— g/planta ————									
P ₁	10	0,2144	4,6644	1	-1	0	2,0020	2,1215	0,0666
P ₂	59	0,6588	1,5188	1	1	0	7,2292	6,9327	0,1335
F ₁	90	2,5075	0,3988	1	0	1	25,5853	25,8510	0,0282
F ₂	166	0,6630	1,5083	1	0	1/2	16,0816	15,1891	1,2016
RCP ₁	75	2,0035	0,4991	1	-1/2	1/2	14,8728	13,9863	0,3923
RCP ₂	80	1,1974	0,8351	1	1/2	1/2	14,5093	16,3919	2,9596
Total	480								4,7818ns
P:	5%								7,82
	10%								6,25
	20%								4,64

ns = não significativo.

QUADRO 3. Estimativas dos componentes das médias para produção de sementes e altura de planta

Estimativa	Valor calculado	Desvio padrão	Probabilidade
Produção			%
	g		
\bar{m}	4,5271	$\pm 0,4497$	0
\bar{a}	2,4056	$\pm 0,4472$	0
\bar{d}	21,3239	$\pm 1,2127$	0
Altura			
	cm		
\bar{m}	196,8369	$\pm 2,1643$	0
\bar{a}	0,1559	$\pm 2,1051$	47,21
\bar{d}	16,5974	$\pm 3,6787$	0

QUADRO 4. Resultados dos testes de escala conjunta para altura de planta

Gerações	Nº de plantas	Variância da média $V\bar{x}$	Peso $1/\sqrt{V\bar{x}}$	Modelo			Média		χ^2
				m	a	d	Observada	Esperada	
cm									
P ₁	10	50,6933	0,0197	1	-1	0	185,6000	196,6810	2,4189
P ₂	59	4,3979	0,2274	1	1	0	195,2712	196,9928	0,6740
F ₁	90	5,8378	0,1713	1	0	1	209,9889	213,4343	2,0335
F ₂	166	2,4969	0,4005	1	0	1/2	204,4518	205,1356	0,1873
RCP ₁	75	5,1600	0,1938	1	-1/2	1/2	207,9733	205,0577	1,6474
RCP ₂	80	3,7088	0,2696	1	1/2	1/2	208,5875	205,2136	3,0689
Total	480								10,0300*
P:	5%								7,82
	2%								9,84
	1%								11,35

* Significativo ao nível de 5%.

A despeito da não-validade do modelo para a altura de planta, a heterose (10,27%) - Quadro 4 - é de magnitude muito menor do que a verificada para a produtividade de sementes (471,03%) - Quadro 2. A implicação desse fato é que não haverá redução significativa na produção de massa vegetal pela autofecunda-

ção da população F_1 , aspecto também verificado por RIBEIRO et al. (1977) quando da autofecundação de linhagens. Então, pode-se pressupor a utilização do vigor de híbrido em material para produção de sementes, que seriam destinadas à biofertilização.

Por ora, não se sabe se a heterose, para produtividade de sementes, é resultante do maior número de flores por planta, aumentando a oportunidade da polinização entomófila, ou se é responsável pelo maior pegamento de vagens, como consequência de maior velocidade de crescimento do tubo polínico (PANDEY, 1974) ou de ambas as razões. A segunda hipótese só pode ser admitida supondo-se que a incompatibilidade esteja sob controle de um sistema duplo-agregado, com um gene maior no locus S, também conhecido como gene estrutural, e com um conjunto de genes menores denominados de modificadores, conforme propõe PANDEY (1974).

Assim, para o funcionamento do sistema homomorfo gametofítico, haveria necessidade de um balanceamento gênico adequado dos genes menores em ambos os parentais e que tanto a homozigose como a heterozigose extrema poderiam prejudicar o limiar fisiológico da expressão da característica incompatibilidade em crotalária.

De qualquer forma, porém, os híbridos F_1 do presente trabalho parecem ser menos dependentes de insetos para a produção de sementes, fato já verificado por MIRANDA (1981), quando foram analisadas as plantas F_1 do cruzamento de linhas endogâmicas com o cultivar comum e, mais recentemente, com a hibridação de duas linhagens puras, apontando como causa principal para a autofecundação a autocompatibilidade (MIRANDA et al., 1989).

Essa constatação abre a oportunidade da exploração do vigor de híbrido em crotalária, desde que haja possibilidade do controle da polinização através de mecanismos genéticos.

AGRADECIMENTOS

O autor agradece aos auxiliares agropecuários Valdeir Biudes Hermoso e Aparecido da Silva, a dedicação e entusiasmo durante a realização do trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CAVALLI, L.L. An analysis of linkage in quantitative inheritance. In: REEVE, E.C.R. & WADDINGTON, C.H., eds. **Quantitative inheritance**. London, Her Majesty's Stationery Office, 1952. p.135-144.
- FEHR, W.R. Heterosis. In: ———. **Principles of cultivar development: theory and technique**. New York, MacMillan, 1987. v.1, cap.9, p.115-119.
- MATHER, K. **Biometrical genetics**. London, Methuen, 1949. 162p.

- MATHER, K & JINKS, J.L. **Introdução à genética biométrica.** [Introduction to biometrical genetics.] Trad. F.A. Moura Duarte et al. Ribeirão Preto, Sociedade Brasileira de Genética, 1984. 242p.
- MIRANDA, M.A.C. de. **Sistema de incompatibilidade e autocompatibilidade em *Crotalaria juncea* L.** Piracicaba, ESALQ, 1981. 40p. Dissertação (Mestrado).
- ; BULISANI, E.A.; TEIXEIRA, J.P.F. & MASCARENHAS, H.A.A. Herança da pigmentação com antocianina em *Crotalaria juncea* L. **Bragantia**, Campinas, **48**(1):87-94, 1989.
- PANDEY, K.K. Elimination of heterozygosity and efficiency of genetic systems. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, **44**(5):199-205, 1974.
- RIBEIRO, I.J.A.; MIRANDA, M.A.C. de; BULISANI, E.A.; ALMEIDA, L.D'A.; LOVADINI, L.A.C.; SUGIMORI, M.H. & PARADELA FILHO, O. Melhoramento da crotalária: I. Autocompatibilidade e resistência à murcha de *Ceratocystis fimbriata*. **Bragantia**, Campinas, **36**:291-295, 1977.
- STEEL, R.G.D. & TORRIE, J.H. **Principles and procedures of statistics.** New York, McGraw-Hill, 1960. 481p.