

SELEÇÃO PARA DENSIDADE DAS SEMENTES EM MILHO (*Zea mays* L.) OPACO-2 E SEU EFEITO SOBRE CARACTERES AGRONÔMICOS E TEORES DE PROTEÍNA^{1/} E LISINA^{1/}

Miguel Barreiro Neto^{2/}
José Carlos Silva^{3/}
José Geraldo Barbosa^{4/}
Renato Sant'Anna^{3/}

1. INTRODUÇÃO

A descoberta do efeito do gene opaco-2 na modificação da constituição dos aminoácidos do milho (β) causou grande impacto. Contudo, o uso de variedades opacas não se popularizou, pois elas apresentaram problemas no aspecto comercial, como menor rendimento de grãos (por causa da menor compactação dos grãos de amido do endosperma, o que causa menor densidade dos grãos), aspecto fenotípico indesejável (opaco) e alta percentagem de quebra de grãos na colheita mecânica (19).

A mudança das características fenotípicas do grão opaco-2 pode resolver a maioria dos problemas relacionados com sua aceitação comercial. O mutante opaco-2 tem efeito pleiotrópico sobre os caracteres da semente, reduzindo sua densidade. Se o baixo peso e a baixa densidade das sementes opaco-2 não estão asso-

^{1/} Parte da tese apresentada, pelo primeiro autor, à Universidade Federal de Viçosa, para obtenção do grau de «Magister Scientiae», e parte de trabalho realizado pelo terceiro autor, subvencionado pelo CNPq.

Recebido para publicação em 24-12-1981.

^{2/} EMBRAPA — CNP. Algodão/Campina Grande — PB.

^{3/} Departamento de Biologia Geral da U.F.V. 36570 Viçosa, MG.

^{4/} Departamento de Fitotecnia da U.F.V. 36570 Viçosa, MG.

ciados ao endosperma tipo opaco, o melhoramento desse caráter pode ser feito por seleção de sementes translúcidas e densas no genótipo opaco-2 (2, 20). Segundo PAEZ (11) e SILVA (16), a variabilidade observada na densidade da semente, entre e dentro de progênies de endosperma modificado, sugere a possibilidade de seleção de sementes de densidade similar à do tipo normal, obtendo-se, assim, material opaco-2 de aparência normal e melhor qualidade protéica.

Os objetivos desse trabalho foram:

1. Analisar dois ciclos de seleção, para maior ou menor densidade do grão, e seu efeito na produção e em outros caracteres agroecômicos, bem como no teor de proteína e de lisina.

2. Analisar a possibilidade de obtenção de variedades opaco-2 com grãos mais densos, mantendo ou melhorando os níveis de proteína e de lisina.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas as variedades UFV opaco-2, AG 504 opaco-2, Centralmex opaco-2, Composto Flint opaco-2 e Composto Dente opaco-2, todas obtidas da coleção de germoplasma da Universidade Federal de Viçosa (U.F.V.).

De cada variedade, 2,5 kg de sementes foram submetidos a seleção para diferentes densidades, usando soluções de açúcar e água com diferentes valores de densidade. Os seguintes intervalos de classe foram estabelecidos, de acordo com a amplitude de variação de densidade do material, conforme sugestão de PINTO *et alii* (12): densidade menor que 1,075; 1,075 — 1,00; 1,100 — 1,125; 1,125 — 1,150; 1,150 — 1,175; 1,175 — 1,200; 1,200 — 1,225; densidade igual ou superior a 1,225.

As sementes de cada variedade foram colocadas nas soluções, começando pela de densidade 1,225. As sementes que flutuaram completamente nessa solução foram passadas para a de densidade 1,200, com o auxílio de uma espumadeira, e assim por diante, até a solução de menor densidade. Cada semente foi incluída no intervalo de classe cujo limite inferior era a densidade da solução mais densa na qual ela conseguiu afundar ou ficar em suspensão. Colocadas as sementes nas soluções, formavam-se bolhas de ar, que se lhe aderiam, podendo levar a erros na determinação da densidade, segundo CUNHA FILHO *et alii* (3) e NACIF *et alii* (10). Isso foi eliminado usando ODD doméstico, que, na concentração de 2%, evita a formação de bolhas de ar e não prejudica o poder germinativo das sementes, quando ficam imersas na solução por um período de até 30 minutos.

Agrupadas as sementes de cada variedade nas oito classes de densidade, da classe mais densa e da classe menos densa foram retiradas 60 sementes, para plantio e, posteriormente, polinização controlada dentro de cada classe e variedade. O plantio foi realizado em área pertencente ao setor de Genética da Universidade Federal de Viçosa. Obteve-se, assim, o ciclo I para maior e para menor densidade de cada variedade.

Também foram retiradas do material original, para cada variedade, em três classes de densidade (maior, intermediária e menor), 156 sementes, para plantio e teste de produção, num delineamento em blocos casualizados, com 4 repetições e 15 tratamentos (três densidades para cada uma das 5 variedades), num esquema fatorial 5 x 3. Esse teste também foi realizado em área do setor de Genética. As fileiras tinham 6 m de comprimento, espaçadas de 1 metro. O espaçamento entre covas foi de 0,5 m, resultando em 13 covas/fileira. Foram semeadas três sementes/cova, com posterior desbaste para duas plantas/cova. A adubação foi feita com a aplicação de 60 kg de N/ha, 60 kg de P₂O₅/ha e 40 kg de K₂O/ha. Do adubo nitrogenado, foi aplicado 1/3 no plantio e o restante aos 40 dias.

Ao redor do experimento foi plantada uma bordadura de opaco-2. Foram

anotados os seguintes dados: altura da planta e da espiga (média de 6 plantas competitivas da parcela), peso de espigas e peso de grãos por parcela, porcentagem de umidade e número de espigas por parcela.

As sementes do ciclo I foram novamente submetidas à seleção para densidade. Na população mais densa de cada variedade selecionaram-se as sementes mais densas e na população menos densa selecionaram-se as sementes menos densas, plantando-as numa geração de inverno (abril) e fazendo-se polinizações controladas dentro de cada classe de densidade (mais densa e menos densa), para cada variedade, obtendo-se assim o ciclo II. O plantio foi realizado na Fazenda Experimental da EPAMIG, em Ponte Nova.

Para cada variedade, as sementes remanescentes do material original, nas classes mais densa e menos densa, as sementes do ciclo I e do ciclo II, para maior e menor densidade, e as sementes do teste de produção foram utilizadas para determinar os teores de proteína e de lisina no endosperma e no germe, peso de 50 sementes, % de pericarpo, % de endosperma e % de germe. Para isso, 50 sementes fora colocadas em água destilada, durante 12 h, para facilitar a separação de pericarpo, endosperma e germe. A desgerminação foi feita com bisturi.

As frações foram postas para secar em secadores, durante 48 h, à temperatura de 30-35°C, para padronização do teor de umidade (15,5%). Determinou-se o peso do pericarpo, do endosperma e do germe em balança de precisão (1 mg). Nas amostras de endosperma e germe foram determinados os teores de lisina e de proteína. A análise de proteína foi feita segundo o método clássico «semimicro kjeldahl», e a de lisina foi feita conforme a técnica desenvolvida por ESTEVÃO *et alii* (5). Ambas foram realizadas no Departamento de Biologia Geral da U.F.V.

A análise estatística dos dados do teste de produção seguiu o modelo de um fatorial 5 x 3 (3 densidades para cada uma das 5 variedades), com 4 repetições. Variedades e densidade foram consideradas aleatórias (17).

A partir das análises de variância dos caracteres e da soma de dois caracteres foram obtidas as variâncias genotípicas, fenotípicas e de ambiente, conforme MODE e ROBINSON (9), LIMA (7) e SILVA (15). Em seguida, foram calculadas as correlações, usando as fórmulas usuais.

Foram calculados também os ganhos genéticos obtidos nos ciclos I e II de seleção, para os seguintes caracteres: peso de 50 grãos, % de pericarpo, % de endosperma, % de germe, % de proteína no endosperma e no germe e % de lisina na proteína do endosperma e do germe.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância mostrou a existência de efeitos significativos entre as densidades, exceto para % de umidade, % de pericarpo, % de germe, % de lisina na proteína do germe e % de proteína no endosperma. Para variedades, houve efeito significativo com relação à altura da planta e da espiga, peso de 50 grãos, % de umidade, % de pericarpo, % de endosperma e % de lisina na proteína do endosperma e do germe. Não houve interação significativa entre variedades e densidade para os caracteres estudados (Quadro 1).

Os coeficientes de variação foram baixos, variando de 1,56 a 17,43, o que indica boa precisão (Quadros 2 e 3).

A análise dos Quadros 2 e 3 leva às seguintes observações:

Altura da planta e da espiga — as sementes mais densas propiciaram plantas mais altas, quando comparadas com as de menor densidade. Tal resultado também foi observado com relação à altura da espiga: a média das sementes selecio-

QUADRO 1 - Quadrados médios da análise de variância, para os 14 caracteres estudados

Caracteres	Variedade	Densidade	Var. X Dens.	Erro
	GL=4	GL=2	GL=8	GL=42
Altura da planta	0,0662**	0,0918**	0,0038	0,0323
Altura da espiga	0,0427**	0,1462**	0,0053	0,0217
N.º de espigas/parcela	26,1833	772,1160**	16,2208	14,6873
Peso de 50 grãos	9,5676**	3,6670*	0,6839	0,7476
Peso de espigas	0,2733	7,1781**	0,2766	0,2740
Peso de grãos	0,1343	4,8461**	0,1646	0,2098
% de umidade no grão	1,4064**	9,2480	1,0422	0,9144
% de pericarpo	1,8694*	0,3046	0,3926	0,4235
% de endosperma	8,8943*	6,8583*	1,4906	1,5336
% de germe	3,0389	4,3972	1,0484	0,9432
% de proteína no endosperma	0,9283	1,7026	0,3173	0,5016
% de lisina na proteína do endosperma	0,1531*	0,2306*	0,0393	0,0284
% de proteína no germe	0,3728	8,5018*	1,6380	1,4835
% de lisina na proteína do germe	1,2624**	0,3040	0,1259	0,1890

* Significativo a 5% de probabilidade ($P < 0,05$).** Significativo a 1% de probabilidade ($P < 0,01$).

QUADRO 2 - Médias, para as diferentes densidades, em cada variedade, e coeficientes de variação, para 7 caracteres*

Variedades	Densidade**	Altura da planta (m)	Altura da espiga (m)	N.º de espigas por parcela	Peso de 50 grãos (g)	Peso de espigas por parcela (g)	Peso de grãos por parcela (g)	Unidade
UFV opaco-2	1	2,07 b	1,17 b	13,75 c	13,81 a	1,83 c	1,54 c	19,10 a
	2	2,15 ab	1,32 a	23,25 b	13,71 a	2,69 b	2,31 b	19,05 a
	3	2,26 a	1,43 a	26,50 a	14,23 a	3,05 a	2,63 a	18,70 a
AG 504 opaco-2	1	2,00 b	1,17 b	20,50 c	12,76 a	2,16 c	1,80 c	19,37 a
	2	2,12 ab	1,29 ab	24,75 b	11,07 c	2,37 b	2,01 b	18,75 b
	3	2,16 a	1,32 a	28,50 a	11,97 b	2,96 a	2,45 a	19,10 ab
Centralmex opaco-2	1	2,24 a	1,37 a	11,00 c	14,35 a	1,64 c	1,34 c	20,90 b
	2	2,21 a	1,42 a	24,25 b	12,85 b	2,85 b	2,31 b	20,10 c
	3	2,32 a	1,46 a	27,75 a	13,85 a	3,40 a	2,81 a	21,75 a
Composto Flint opaco-2	1	2,09 b	1,19 b	13,75 b	14,00 a	2,05 c	1,69 c	18,55 b
	2	2,18 ab	1,34 a	24,00 a	13,32 b	3,04 b	2,46 b	18,70 ab
	3	2,22 a	1,33 a	26,75 a	13,45 a	3,40 a	2,74 a	19,20 a
Composto Dente opaco-2	1	2,02 a	1,23 b	16,00 b	14,54 a	2,05 b	1,66 c	20,40 a
	2	2,05 a	1,36 a	24,00 a	14,22 a	2,63 a	2,15 b	19,70 b
	3	2,14 a	1,43 a	25,00 a	13,91 a	2,73 a	2,23 a	19,47 b
Coeficiente Variação %		8,35	11,11	17,43	6,42	16,25	16,91	4,00

* Em cada variedade, nas densidades consideradas, as médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

** Densidades: 1 = menor, 2 = intermediária, 3 = maior.

QUADRO 3 - Médias, para as diferentes densidades, em cada variedade, e coeficientes de variação, para 7 caracteres das sementes*

Varie- dades	Densida- des**	% de Peri- carpo	% de Endos- perma	% de germe	% de lisi- na na pro- teína do endosperma	% de pro- teína no endosper- ma	% de lisi- na na pro- teína do germe	% de pro- teína no germe
UFV opaco-2	1	6,60 ab	78,40 b	15,00 a	1,99 a	8,57 a	3,61 a	24,62 a
	2	6,92 a	79,30 b	13,77 b	1,77 b	8,11 ab	3,34 b	23,19 b
	3	6,17 b	80,25 a	13,57 b	1,78 b	7,94 b	3,27 b	22,04 b
AG 504 opaco-2	1	6,35 a	79,80 b	13,80 a	1,88 a	8,80 a	3,08 a	23,86 a
	2	5,95 ab	81,55 a	12,50 b	1,95 a	7,78 a	3,04 a	22,81 a
	3	5,47 b	81,10 a	13,42 a	1,94 a	8,58 a	3,13 a	23,49 a
Centralmex opaco-2	1	6,82 a	78,57 a	14,60 a	1,89 a	8,57 a	3,60 a	24,74 a
	2	6,90 a	78,47 a	14,62 a	1,81 a	7,95 b	3,25 b	22,59 a
	3	7,20 a	78,40 a	14,40 a	1,49 b	7,90 b	3,15 b	23,19 b
Composto Flint opaco-2	1	6,85 a	77,95 b	15,20 a	2,04 a	8,28 a	3,31 a	23,49 a
	2	6,47 a	80,30 a	13,22 c	1,99 a	7,65 b	3,39 a	23,35 a
	3	6,70 a	78,97 a	14,32 b	1,80 b	7,91 ab	3,31 a	22,49 b
Composto Dente opaco-2	1	6,95 a	79,12 a	13,92 a	2,14 a	7,57 a	4,05 a	23,75 a
	2	6,47 a	79,60 a	13,92 a	2,08 a	7,38 ab	4,24 a	23,80 a
	3	6,82 a	79,82 a	13,35 a	1,87 b	8,02 a	3,60 b	23,07 a
Coeficiente Variação %		9,89	1,56	6,95	8,89	8,78	12,69	5,22

* Em cada variedade, nas densidades consideradas, as médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

** Densidades: 1 = menor, 2 = intermediária, 3 = maior.

1/ As percentagens de lisição são valores codificados, que devem ser multiplicados por 1,33 para que se obtenham os valores reais.

nadas para alta densidade foi maior. Essas diferenças em altura de plantas e espigas foram significativas, exceto para a variedade Centralmex opaco-2. Na variedade Composto Dente opaco-2 não houve diferença significativa entre densidades quanto à altura da planta (Quadro 2).

Número de espigas/parcela — a maior densidade das sementes resultou em maior número de espigas/parcela, quando comparada à menor densidade, diferença que foi significativa (Quadro 2) e que pôde ser explicada pela maior % de emergência e vigor observada, no campo, nos tratamentos com sementes de maior densidade.

Peso de 50 grãos — na variedade AG 504 opaco-2 as sementes de maior densidade apresentaram menor peso de 50 grãos, quando comparadas às de menor densidade, diferença que foi significativa. As variedades Centralmex opaco-2, Composto Flint opaco-2 e Composto Dente opaco-2 tenderam a apresentar comportamento semelhante (Quadro 2). Como o aumento da densidade tendeu a reduzir o peso, pode-se supor que o volume da semente estivesse diminuindo. Apesar de não ter sido medido o tamanho ou o volume das sementes, observou-se que as sementes mais densas eram menores.

Peso de espigas/parcela e peso de grãos/parcela — a maior densidade das sementes esteve associada a maior peso de espigas/parcela e a maior peso de grãos/parcela para todas as variedades (Quadro 2). FEIST e LAMBERT (6) obtiveram resultados semelhantes: maior densidade da semente associada a maior peso de grãos/parcela.

Teor de umidade da semente (%) — nas variedades Centralmex opaco-2 e Composto Flint opaco-2 as sementes mais densas apresentaram teores de umidade significativamente superiores aos das menos densas. No entanto, observou-se tendência de, nas variedades UFV opaco-2, AG 504 opaco-2 e Composto Dente opaco-2, as sementes menos densas apresentarem teores de umidade superiores aos das mais densas (Quadro 2). Esses resultados mostram ser difícil uma conclusão sobre o efeito de seleção para alta e baixa densidade da semente na % de umidade do grão.

Porcentagem de pericarpo, endosperma e germe na semente — embora tenha havido tendência de as sementes de maior densidade apresentarem maior porcentagem de endosperma e menores porcentagens de pericarpo e de germe que as de menor densidade, as diferenças foram significativas, ao nível de 5%, apenas para a porcentagem de pericarpo da variedade AG 504 opaco-2, para porcentagem de endosperma das variedades UFV opaco-2, AG 504 opaco-2 e Composto Flint opaco-2 e para porcentagem de germe das variedades UFV opaco-2 e Composto Flint opaco-2 (Quadro 3). Tais resultados concordam com os obtidos por ARNOLD *et alii* (1), segundo os quais sementes de aspecto normal derivadas de espiga opaco-2 segregante tiveram maior peso de endosperma e mais baixo peso de germe que as sementes opacas.

Porcentagem de proteína no endosperma e porcentagem de lisina na proteína do endosperma — as sementes mais densas tenderam a apresentar menor teor de proteína no endosperma, exceto na variedade Composto Dente opaco-2. Essa diferença não foi significativa (Quadro 3). A porcentagem de lisina na proteína do endosperma foi significativamente maior nas sementes de menor densidade, exceto na variedade AG 504 Opaco-2 (Quadro 3). Assim, torna-se difícil selecionar sementes de maior densidade, sem influir negativamente na sua qualidade protéica. Esses resultados concordam com os de SARAIVA e ANDERSON (14), segundo os quais as sementes de maior densidade tendem a apresentar menores teores de proteína e de lisina no endosperma. Semelhantemente, segundo RIBEIRAL (13), o opaco modificado teve influência negativa sobre a qualidade da proteína. Con-

tudo, PAEZ (11) e DUDLEY *et alii* (4) descrevem situações nas quais a qualidade da proteína da semente não foi atingida negativamente pelos genes modificados da textura do endosperma.

Porcentagem de proteína no germe e percentagem de lisina na proteína do germe — nas variedades UFV opaco-2, Centralmex opaco-2 e Composto Flint opaco-2 as sementes menos densas foram significativamente superiores às mais densas, quanto à percentagem de proteína no germe. A percentagem de lisina na proteína do germe foi significativamente maior nas sementes menos densas, nas variedades UFV opaco-2, Centralmex opaco-2 e Composto Dente opaco-2 (Quadro 3). Em trabalhos de SARAIVA e ANDERSON (14) não foi observada relação entre densidade e percentagem de proteína ou percentagem de lisina no germe.

O Quadro 4 apresenta as estimativas dos coeficientes de correlação genética. A % de endosperma e a % de germe apresentaram correlações significativas e negativas, com $r_G = -0,989$; do mesmo modo, a percentagem de pericarpo e a % de endosperma também apresentaram correlações significativas e negativas, com $r_G = -0,984$.

O peso de grãos/parcela apresentou correlação genética significativa e positiva com número de espigas/parcela, peso de espigas/parcela, % de endosperma e % de proteína no germe, e correlação significativa e negativa com % de lisina na proteína do endosperma e % de lisina na proteína do germe, mostrando a dificuldade de obtenção de variedades mais produtivas sem prejuízo da qualidade do grão.

O peso de 50 grãos apresentou correlação genética negativa e significativa com número de espigas/parcela e % de endosperma, e correlação genética significativa positiva com % de umidade, % de pericarpo, % de germe, % de proteína no endosperma, % de proteína no germe e % de lisina na proteína do germe.

A % de lisina na proteína do endosperma apresentou correlação genética negativa e significativa com número de espigas, peso de espigas e peso de grãos/parcela e correlações positivas e significativas com % de proteína no germe e % de lisina na proteína do germe. Foram positivas e significativas as correlações genéticas entre % de proteína no endosperma e peso de 50 grãos, % de proteína no germe e % de endosperma, e negativas e significativas entre número de espigas/parcela, % de pericarpo e % de lisina na proteína do germe.

O exame do Quadro 5 mostra que a seleção de sementes mais densas ocasionou aumento no peso de 50 grãos, de $\Delta G = 2,94$ a 18,01%, exceto na variedade AG 504 opaco-2, para a qual $\Delta G = -4,38\%$. Para PINTO *et alii* (12), a seleção para diferentes densidades não alterou significativamente o peso de 1.000 sementes, embora a seleção para endosperma modificado tenha aumentado o peso do grão.

A seleção para maior densidade provocou aumento variável na percentagem de endosperma ($\Delta G = 1,23$ a 8,19%) e redução na percentagem de germe ($\Delta G = -13,24$ a $-40,5\%$) em todas as variedades. Tais resultados concordam com os obtidos por ARNOLD *et alii* (1), segundo os quais sementes opacas de endosperma modificado apresentam maior peso do endosperma e menor peso do embrião que as opacas. A percentagem de pericarpo não apresentou comportamento consistente.

A seleção para maior densidade do grão resultou em aumento no teor de proteína no endosperma da ordem de 7,37 a 34,4%. Esses resultados não concordam com os obtidos por PINTO *et alii* (12), segundo os quais o aumento da densidade, mediante seleção, não altera significativamente o teor de proteína. Foi encontrada redução de 15,15 a 54,97% na percentagem de lisina na proteína do endosperma. Pôde-se observar que também foram reduzidos os teores de proteína no germe e de lisina na proteína do germe. VASAL (18) observou que a seleção para alta

QUADRO 4 - Coeficientes de correlação genética correspondentes às combinações dos 11 caracteres estudados

Caracteres	Altura da espiga	Nº de esp./parcela	Peso de 50 grãos	Peso de espigas	Peso de grãos	% de unidade	% de pericarpo	% de endosperma	% de lis. prot. germe	% de lis. teína/end. dosperma	% de lis. teína/end. dosperma	% de lis. prot. germe	
Altura da planta	0,898**	0,505**	-0,109	-0,256	0,270	0,245	0,440**	-0,367*	0,267	-0,122	-0,610**	-0,341*	-0,783**
Altura da espiga		0,621**	-0,013	-0,722**	0,271	0,280	0,381*	-0,117	-0,052	-0,306*	-0,509**	0,111	-0,580**
Nº de espiga/parcela			-0,530**	0,255	0,630**	-0,077	-0,077	0,698**	-0,319*	-0,554**	-0,437**	-0,230	-0,270
Peso de 50 grãos				0,284	0,289	0,349*	0,826**	-0,686**	0,589**	-0,121	0,672**	0,749**	0,508**
Peso de espigas					0,998**	0,021	-0,187	0,610**	-0,364*	-0,811**	-0,074	-0,581**	-0,854**
Peso de grãos						-0,195	-0,367*	0,831**	-0,278	-0,906**	-0,099	-0,657**	0,456**
% de unidade							0,884**	-0,532**	0,287	-0,560**	-0,264	0,327*	0,207
% de pericarpo								-0,984**	0,948**	-0,235	-0,914**	0,517**	-0,042
% de endosperma									-0,989**	0,150	0,450**	-0,228	-0,293
% de germe										0,071	-0,147	0,043	0,569**
% de lisina na proteína da endosperma													
% de proteína no endosperma											-0,153	0,651**	0,622**
% de lisina na proteína do germe												-0,700**	0,874*
													0,219

* e ** Significativas a 5% e 1%, respectivamente.

densidade reduziu a percentagem de lisina na proteína do grão.

O efeito da seleção para menor densidade da semente também pode ser visto no Quadro 5. Verificou-se redução no peso de 50 grãos, que variou de $\Delta G = -7,14$ a $-20,13\%$, exceto na variedade UFV opaco-2, para a qual $\Delta G = 9,29\%$. Nas variedades UFV opaco-2 e Composto Flint opaco-2, aumentou a percentagem de endosperma, com $\Delta G = 2,51$ e $1,42\%$, respectivamente, ao passo que nas variedades AG 504 opaco-2, Centralmex opaco-2 e Composto Dente opaco-2 essa percentagem diminuiu.

Redução na percentagem de germe foi verificada nas variedades UFV opaco-2 ($\Delta G = -17,05\%$) e Composto Dente opaco-2 ($\Delta G = -14,65\%$). Nas outras, verificaram-se ganhos variáveis, de $\Delta G = 3,01$ a $28,83\%$. A seleção para sementes menos densas teve, na maioria das variedades, comportamento similar ao da seleção para sementes mais densas, quanto aos caracteres percentagem de lisina na proteína e percentagem de proteína no germe. Verificou-se acentuada redução nos teores desses caracteres.

Em conjunto, os resultados mostram ser difícil obter, a partir do milho opaco-2, grãos mais densos, sem prejuízo da qualidade protéica.

4. RESUMO

As variedades AG 504 opaco-2, UFV opaco-2, Centralmex opaco-2, Composto Dente opaco-2 e Composto Flint opaco-2, obtidas do Banco de Germoplasma da Universidade Federal de Viçosa e representativas dos germoplasmas opacos disponíveis para os trabalhos de melhoramento, foram submetidas a dois ciclos de seleção, para alta e baixa densidade do grão.

No material original, no ciclo I e no ciclo II foram coletados dados referentes aos seguintes caracteres: peso de 50 grãos, % de pericarpo, % de endosperma, % de germe, % de proteína no endosperma, % de proteína no germe, % de lisina na proteína do endosperma e % de lisina na proteína do germe, com os quais foram calculados os ganhos genéticos. Paralelamente, realizou-se um teste de produção, com sementes de diferentes densidades, obtidas do material original, num experimento cuja análise seguiu o modelo de um fatorial 5×3 (3 densidades para cada uma das 5 variedades), com 4 repetições, no qual, além dos caracteres citados, anotaram-se dados referentes a altura da planta, altura da espiga, número de espigas/parcela, peso de espigas/parcela e peso de grãos/parcela. Com os dados desse experimento calcularam-se os coeficientes de correlação genética, visando a determinar o grau de associação entre os 14 caracteres.

Os resultados do teste de produção indicaram que, na maioria das variedades, a seleção de sementes mais densas aumentou a altura da planta e da espiga, o número de espigas/parcela, o peso de espigas/parcela, o peso de grãos/parcela e a % de endosperma, reduzindo a % de proteína no germe e a % de lisina na proteína do endosperma e do germe. Dentre as variedades, a AG 504 opaco-2 apresentou-se com menor peso de 50 grãos. A % de lisina na proteína do germe foi maior nas variedades Composto Flint opaco-2 e Composto Dente opaco-2.

A produção de grãos apresentou correlações genéticas positivas e significativas com número de espigas/parcela, peso de espigas/parcela, % de endosperma e % de proteína no germe e correlações negativas com % de lisina na proteína do endosperma e do germe.

Os efeitos da seleção para alta densidade da semente, medidos com base nos ganhos genéticos, após o segundo ciclo de seleção, foram aumento no peso de 50 grãos, na % de endosperma e no teor de proteína do endosperma. Verificou-se,

contudo, redução na % de germe, na % de lisina na proteína do endosperma, na % de lisina na proteína do germe e na % de proteína do germe.

De modo geral, pode-se concluir que será difícil a obtenção de variedades opaco-2 com sementes mais densas, sem prejuízo da qualidade da sua proteína.

5. SUMMARY

The opaque-2 maize varieties AG 504 - 0₂, UFV - 0₂, Centralmex - 0₂, Composto Dente - 0₂, and Composto Flint - 0₂, obtained from the Germplasm Bank of the Federal University of Viçosa and which are representative of the opaque-2 germoplasm available to Brazilian breeders, were submitted to two cycles of selection for high and low density of grain.

In the original varieties and in the cycles I and II of selection, the following characters were evaluated: weight of 50 grains, % of pericarp, % of endosperm, % of germ, % of protein in the endosperm, % of protein in the germ, % of lysine in the protein of the endosperm and % of lysine in the protein of the germ. The genetic gains were estimated for these characters. Additionally, a yield test with seeds of three different densities, obtained from the original varieties, was carried out, with four replications. The analysis followed a 5 x 3 factorial model (3 densities for each of the 5 varieties). In addition to the above mentioned characters, the following ones were also evaluated: plant and ear height, number of ears/plot, weight of ears/plot and weight of grains/plot. With these data, the genetic correlations among the 14 characters were estimated.

The results of the yield test showed that the selection for high density of seeds increased plant and ear height, number of ears/plot, weight of ears and grains/plot and % of endosperm; and, decreased the % of protein in the germ and the % of lysine in the protein of the endosperm and germ.

The yield of grains showed positive and significant genetic correlations with number of ears/plot, weight of ears/plot, % of endosperm and % of protein in the germ; and, negative correlations with % of lysine in the protein of endosperm and of germ.

The effects of selection for high density of grains, as shown by the genetic gains after the second cycle of selection, indicate an increase in the weight of 50 grains, in the % of endosperm and in the % of protein in the endosperm. However, there was a reduction in the % of germ, in the % of lysine in the protein of endosperm and germ and in the % of protein in the germ.

In general, it can be concluded that it will be very difficult to obtain opaque-2 varieties with a higher density of seeds without decreasing the protein quality.

6. LITERATURA CITADA

1. ARNOLD, J.M., PIOVARCI, A., BAUMAN, L.F. & PONELEIT, C.G. Weight, oil and fatty acid composition of components of normal, opaque-2 and floury-2 maize kernels. *Crop Science* 14(4):598-599. 1974.
2. CHOE, B.H., CUMBIE, B.G. & ZUBER, M.S. Association of zein body with lysine content of corn (*Zea mays* L.) endosperm. *Crop Science*, 14(2):187-190. 1974.
3. CUNHA FILHO, E., ANDERSON, J.C., SILVA, J., SILVA, T. & ALMEIDA FILHO, J. de. Efeito da densidade das sementes sobre o teor de proteína e lisina do endosperma e do germe em milho. *Revista Ceres*, 20(110):243-256. 1973.

4. DUDLEY, J.W., ALEXANDER, D.E. & LAMBERT, R.J. Genetic improvement of modified protein maize: In: CIMMYT. *Purdue International Symposium on Protein Quality in Maize*. El Batán, México, 1972. High Quality Protein Maize. p. 120-135.
5. ESTEVÃO, M.M., SANTANA, R., OLIVEIRA, L.M. & ALMEIDA FILHO, J. de. Estabelecimento de um método colorimétrico rápido para avaliação de lisina em milho. *Experientiae*, 22(8):195-213. 1976.
6. FEIST, W.A. & LAMBERT, R.J. Changes in six different opaque-2 genotypes of *Zea mays* L. during successive generations of backcrossing. *Crop Science*, 10(6):663-665. 1970.
7. 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*. U.F.V., Viçosa, 1977. 71 p. (Tese Mestrado).
8. MERTZ, E.T., BATES, L.S. & NELSON, O.E. Mutant gene that changes protein composition and increases lysine content of maize endosperm. *Science*, 145(3629):279-280. 1964.
9. MODE, C.J. & ROBINSON, H.F. Pleiotropism and the genetic variance and covariances. *Biometrics*, 15:518-537. 1959.
10. NACIF, A.F., BARBOSA, H.M., ANDERSON, J.C. & SARAIVA, L.S. Efeito da introdução do gene opaco-2 sobre características físicas e químicas de milhos tropicais. *Experientiae*, 17(3):46-61. 1974.
11. PAEZ, A.V. Protein quality and kernel properties of modified opaque-2 endosperm corn involving a recessive allele at the sugary-2 locus. *Crop Science*, 13(6):633-636. 1973.
12. PINTO, R.F.S., BARBOSA, H.M. & ALMEIDA FILHO, J. de. Seleção para diferentes densidades das sementes em milho (*Zea mays* L.) opaco-2. *Experientiae*, 18(2):42-58. 1974.
13. RIBEIRAL, U.C. Effects of modified opaque-2 kernels on yield and protein quality of maize (*Zea mays* L.). Dissertation Abstract International, 35(1):20-21. 1974.
14. SARAIVA, L.S. & ANDERSON, J.C. Efeito do peso relativo das sementes paternas sobre as progênes de milho Opaco-2. *Revista Ceres*, 20(110): 264-270. 1973.
15. SILVA, J.C. *Genetic and environmental variances and covariances estimated in the maize (Zea mays L.) variety, Iowa Stiff Stalk Synthetic*. Iowa State University, Ames, Iowa, 1974. 155 p. (Ph.D. Thesis).
16. SILVA, W.J. da. *Genética e melhoramento do milho*. Piracicaba-SP, Fundação Cargil, 1975. 65 p. (Bol.n.º 3).
17. SNEDECOR, G.W. & COCHRAN, W.G. *Statistical Methods*. 6th. ed. Iowa State University Press, 1967. 633 p.

18. VASAL, S.K. Use of genetic modifiers to obtain normal type kernels with the opaque-2 gene. In: *CIMMYT — Purdue International Symposium on Protein Quality in Maize*. El Batán, México, 1972. High Quality Protein Maize. p. 197-216.
19. VASAL, S.K. Calidad nutritiva del maíz. In: *El mejoramiento del maíz a nivel mundial en la década de setenta y el papel del CIMMYT*. El Batán, México, CIMMYT 1974. p. 10-11 a 10-19.
20. ZUBER, M.S., SKRDLA, W.H. & CHOE, B.H. Survey of maize selections for endosperm lysine content. *Crop Science*, 15(1):93-94. 1975.