

CORRELAÇÕES ENTRE ÓLEO, PROTEÍNA E LISINA EM MILHO OPACO-2¹

RENATO RUSCHEL²

SINOPSE.— Foram calculados coeficientes de correlação entre as percentagens de óleo, proteína e lisina no embrião, e proteína e lisina no endosperma (incluindo pericarpo) de sementes tomadas de 44 espigas de milho opaco-2 (progênes S₂ do Sintético A) selecionadas a fim de representarem uma ampla variação no teor de óleo do grão (3,58 a 8,35%).

O teor de proteína da semente acha-se correlacionado de forma positiva ao teor de lisina e de forma negativa ao teor de lisina na proteína da semente. Dos coeficientes de correlação obtidos é possível prever, como resultante de uma seleção para elevar o teor de óleo em milho opaco-2, sementes de embriões maiores e mais ricas em proteína e lisina.

Em média, um terço da proteína da semente foi encontrada no embrião do milho opaco-2 estudado. Mesmo apresentando menores concentrações de proteína e lisina, o endosperma, por ocupar maior porção do grão, foi mais importante na determinação da percentagem de lisina da semente. Para as variáveis estudadas foi encontrada ampla variação associada a níveis elevados de óleo, proteína e lisina, sugerindo que a seleção para melhorar a qualidade nutritiva do milho opaco-2 poderá ser bem sucedida.

Palavras chaves adicionais para índice: Embrião de milho, seleção para óleo em milho, qualidade da semente de milho.

INTRODUÇÃO

O teor de óleo da semente de milho é passível de aumentos por seleção (Sprague *et al.* 1952, Alexander *et al.* 1970), o que acarreta outras modificações como os aumentos no tamanho relativo do embrião (Leng 1961) e, por conseguinte, no teor de proteína da semente (Dudley & Lambert 1969). Por isso é preconizada a seleção para maiores teores de óleo como um meio para melhorar o nível protéico do milho. No entanto, as populações de milho selecionadas em Illinois para alto e baixo teor de óleo não apresentaram as esperadas diferenças em proteína. Porém, Ruschel e Bauman (1973), selecionando para óleo numa população opaco-2, obtiveram um correspondente ganho no teor de proteína do grão. Ruschel (1974), comparando os fenótipos normal e opaco-2, concluiu que os embriões das sementes de milho opaco, além de serem maiores, tinham também mais proteína, o que explicaria um ganho maior de proteína como resultante da seleção para óleo, neste mutante.

Analisando uma ampla variação em óleo na semente, e simulando desta forma uma seleção mais pronunciada para óleo em milho opaco-2, o presente trabalho visou estudar as modificações que ocorrem principalmente na proteína da semente, em sua qualidade e quantidade, e formular possíveis hipóteses sobre respostas correlacionadas com a seleção para óleo.

MATERIAL E MÉTODOS

Progênes S₂ do Sintético A opaco-2 foram usadas no estudo. Quarenta e quatro espigas foram escolhidas a fim de abranger uma ampla variação (3,58 a 8,35%)

no teor de óleo da semente. De cada espiga foi tomada uma amostra de 30 grãos, secados a peso constante, e o embrião separado do endosperma (incluindo pericarpo). As amostras foram pesadas sendo calculada a percentagem de embrião na semente. Os embriões foram analisados para teores de óleo, proteína e lisina. Amostras de endosperma foram analisadas nos teores de proteína e lisina. O óleo foi determinado, dos embriões finamente moídos, por extração em banho de hexano normal por 36 horas. As determinações de proteína e lisina foram feitas respectivamente pelos métodos de micro-Kjeldahl e troca de íons em cromatógrafo de coluna. Foram calculados os pesos de proteína e lisina por amostra. Fez-se uma análise de regressão para proteína e lisina e computaram-se os coeficientes de correlação entre os caracteres considerados.

RESULTADOS, DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

No Quadro 1 estão a média, desvio padrão e amplitude de variação dos caracteres analisados. Alguns dos coeficientes de correlação dos caracteres analisados. Alguns dos coeficientes de correlação calculados encontram-se no Quadro 2.

O teor de óleo da semente acha-se positivamente correlacionado com o peso do embrião ($r = 0,66$) e com a percentagem de embrião ($r = 0,87$), permitindo prever um aumento no tamanho absoluto e relativo do embrião, em resultado de seleção para elevar o teor de óleo do grão. Tal fato foi observado por Leng (1961), na seleção para óleo feita em milho normal, e por Ruschel e Bauman (1973), em milho opaco-2.

O teor de óleo da semente acha-se positivamente correlacionado com o teor de óleo do embrião ($r = 0,82$), fato esperado, uma vez que 85% do óleo da semente de milho encontra-se no embrião. Os teores de óleo e proteína na semente acham-se correlacionados de forma positiva ($r = 0,48$), sugerindo que aumentos no teor

¹ Aceito para publicação em 25 de abril de 1974.
² Eng.º Agrônomo, Ph.D., da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Instituto de Genética, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 13400 Piracicaba, SP, e bolsista do Conselho Nacional de Pesquisas.

QUADRO 1. Média, desvio padrão e amplitude de variação em óleo, proteína e lisina em amostras de 30 sementes extraídas de 44 espigas de milho opaco-2

Material analisado	Variáveis	Média	Desvio padrão	Amplitude de variação	
Semente	Óleo (%)	6,08	1,33	3,58	— 8,35
	Proteína (%)	12,97	1,51	8,72	— 16,39
	Proteína (mg em 30 sementes)	992,00	207,00	590,00	— 1.340,00
	Lisina (% na proteína)	4,17	0,37	3,54	— 5,30
	Lisina (%)	0,538	0,055	0,371	— 0,636
	Lisina (mg em 30 sementes)	40,62	8,19	25,17	— 57,34
Embrião	Porcentagem na semente	16,51	2,18	13,00	— 21,93
	Óleo (%)	32,42	4,07	25,09	— 42,46
	Proteína (%)	26,66	1,87	22,92	— 31,19
	Proteína (mg em 30 embriões)	335,00	69,00	204,00	— 488,00
	Lisina (% na proteína)	5,81	0,39	4,99	— 6,90
	Lisina (%)	1,547	0,137	1,201	— 1,914
Endosperma	Lisina (mg em 30 embriões)	19,44	4,09	10,18	— 28,38
	Proteína (%)	10,30	1,54	6,40	— 14,10
	Proteína (mg em 30 endospermas)	657,00	149,00	396,00	— 1.003,00
	Lisina (% na proteína)	3,34	0,50	2,68	— 5,02
	Lisina (%)	0,342	0,043	0,249	— 0,421
	Lisina (mg em 30 endospermas)	21,18	5,84	13,02	— 29,86

QUADRO 2. Coeficientes de correlação entre as variáveis estudadas

Variáveis correlacionadas	Coefficientes de correlação (r)
Embrião (% da semente) e peso de 30 sementes	0,16
Óleo (% na semente) e peso de 30 sementes	0,22
Óleo (% na semente) e peso de 30 embriões	0,66++
Óleo (% na semente) e embrião (% da semente)	0,87++
Óleo (% na semente) e óleo (% no embrião)	0,82++
Óleo (% na semente) e proteína (% na semente)	0,48++
Óleo (% na semente) e proteína (% no embrião)	-0,42++
Óleo (% na semente) e proteína (% no endosperma)	0,42++
Óleo (% na semente) e lisina (% na semente)	0,41++
Óleo (% na semente) e lisina (% na proteína da semente)	-0,19
Óleo (% na semente) e lisina (% na proteína do embrião)	0,10
Óleo (% na semente) e lisina (% na proteína do endosperma)	-0,33++
Óleo (% no embrião) e embrião (% na semente)	0,48++
Óleo (% no embrião) e proteína (% no embrião)	-0,43++
Proteína (% no embrião) e embrião (% da semente)	-0,26
Proteína (% na semente) e lisina (% na semente)	0,70++
Proteína (% na semente) e lisina (% na proteína da semente)	-0,52++
Proteína (% na semente) e proteína (% no embrião)	0,12
Proteína (% na semente) e proteína (% no endosperma)	0,97++
Lisina (% na semente) e lisina (% no endosperma)	0,76++
Lisina (% na semente) e lisina (% no embrião)	0,32+
Lisina (% na proteína da semente) e lisina (% na prot. do emb.)	0,21
Lisina (% na proteína da semente) e lisina (% no prot. do end.)	0,91++
Lisina (% no embrião) e proteína (% no embrião)	0,68++
Lisina (% no embrião) e lisina (% na proteína do embrião)	0,63++
Lisina (% no endosperma) e proteína (% no endosperma)	0,44++
Lisina (% no endosperma) e lisina (% na proteína do endosperma)	0,46++

+ e ++ indicam significância a 0,05 e 0,01 P.

de óleo da semente podem proporcionar uma resposta correlata para o teor de proteína, hipótese constatada por Ruschel e Bauman (1973) com milho opaco-2. No entanto, em milho de endosperma normal, Brunson *et al.* (1948) e Sidorov *et al.* (1969) encontraram, entre estas variáveis, coeficientes de correlação baixos e sem significância sendo esta uma possível explicação para a pequena resposta observada por Dudley e Lambert (1969) na proteína, depois de 65 anos de seleção para óleo no milho de Illinois.

Os teores de óleo e lisina na semente acham-se correlacionados de forma positiva ($r = 0,41$), sugerindo que a seleção para elevar o teor de óleo afetaria o nível de lisina na semente. Esta observação deve-se, sem dúvida, à associação positiva entre óleo e proteína já discutida acima.

Os teores de proteína e de lisina como porcentagem de proteína na semente acham-se correlacionados de forma negativa ($r = -0,52$), levando a sugerir que a seleção que resultasse em mais proteína na semente teria como aspecto negativo a qualidade inferior desta proteína. No entanto, os teores de proteína e lisina no grão estiveram positivamente correlacionados ($r = 0,70$), indicando que a resultante final de uma seleção para elevar a proteína, através do aumento do embrião, seria um maior teor de lisina na semente.

Pelos dados do presente trabalho depreende-se que, em média, a terça parte da proteína da semente de milho opaco-2 está no embrião. Em milho normal, o embrião contém somente a quarta parte. Outro fato digno de nota é o quase perfeito equilíbrio da lisina do endosperma e embrião do milho opaco-2 (21 e 19 mg respectivamente), devendo-se isto à maior concentração de proteína no embrião (26,7%) e ao alto nível de lisina nesta proteína (5,81 g em 100 g de proteína) (Fig. 1).

Da análise de regressão na qual foi tomado como variável dependente o teor de lisina na semente, os seguintes coeficientes de regressão foram encontrados para as variáveis independentes: teor de proteína no

embrião ($b = 0,15$), no endosperma ($b = 1,04$), teor de lisina na proteína do embrião ($b = 0,31$), e do endosperma ($b = 0,78$), indicando que o teor de proteína no endosperma e a riqueza em lisina desta proteína são as variáveis mais importantes na determinação da percentagem de lisina no grão, devendo-se isto ao maior tamanho do endosperma em relação ao embrião.

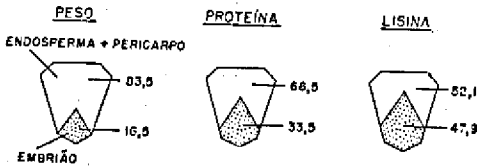


FIG. 1. Proporções percentuais no peso, proteína e lisina distribuída entre o embrião e o endosperma (\pm pericarpo) da semente de milho opaco-2

Analisando-se o óleo e a proteína do embrião, os seus teores acham-se correlacionados de forma negativa ($r = -0,43$), o que indica a existência de um equilíbrio entre as concentrações de óleo e proteína no embrião; a elevação no teor de um resultaria na redução em teor do outro. Para estas variáveis, Brunson *et al.* (1948) encontraram coeficiente de correlação mais expressivo ($r = -0,71$) para milho de endosperma normal.

Grande amplitude de variação associada a altos níveis foi encontrada para as variáveis: teor de proteína no

grão (8,72 – 16,39%), no endosperma (6,40 – 14,10%) e no embrião (22,92 – 31,19%), e teor de lisina na proteína do embrião (4,99 – 6,90%), sugerindo que há oportunidade para razoáveis ganhos na seleção destas características. No entanto, algumas das variáveis estudadas não são independentes, o que deve ser levado em conta na seleção para a melhoria da qualidade nutricional da semente de milho.

REFERÊNCIAS

- Alexander, D.E., Dudley, J.W. & Creech, R.G. 1970. Corn breeding and genetics. p. 6-23. In Inglett, G.E. (ed.) Corn: culture, processing, products. Avis Publ. Comp., Westport, Conn., USA.
- Brunson, A.M., Earle, F.R. & Curtis, J.J. 1948. Interactions among factors influencing the oil content of corn. J. Am. Soc. Agron. 40:180-185.
- Dudley, J.W. & Lambert, R.J. 1969. Genetic variability after 65 generation of selection in Illinois High Oil, Illinois Low Oil, Illinois High Protein, and Illinois Low Protein strains. Crop.Sci. 9:179-181.
- Leng, E.R. 1961. Predicted and actual responses during long-term selection for chemical composition in maize. Euphytica 10:368-378.
- Ruschel, R. & Bauman, L.F. 1973. Seleção para alto teor de óleo no grão numa população de milho opaco-2. Pesq. agropec. bras., Sér. Agron., 8:239-244.
- Ruschel, R. 1974. Efeitos do gene opaco-2 no embrião da semente de milho. Fitotecnia Latinoamericana. (No prelo)
- Sidorov, A.N., Trofinova, O.S. & Solonenko, L.P. 1969. Content of crude protein and oil in maize from different families. Sel'skhoz. Biol. (Agric. Biol.) 4:287-289 (Rússia).
- Sprague, G.E., Miller, P.A. & Brimhall, B. 1952. Additional studies of the relative effectiveness of two systems of selection for oil content of corn kernel. Agron.J. 44:329-331.

ABSTRACT.- Ruschel, R. [Correlation among oil, protein and lysine in opaque-2 kernels]. Correlações entre óleo, proteína e lisina em milho opaco-2. *Pesquisa Agropecuária Brasileira, Série Agronomia* (1975) 10, 7-9 [Pt, en] Esc. Sup. Agric. Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP, Brazil.

Correlation coefficients were calculated between percent of oil, protein, and lysine in germ, and protein, and lysine in endosperm of opaque-2 kernels from 44 ears selected to represent a wide range for oil content. In the germ, oil and protein were negatively associated. Percent of protein in kernel was positively correlated with percent of lysine in kernel and negatively correlated with lysine as a percent of protein in kernel. Significant correlations between oil and germ size or percent indicate that selection for high oil in opaque-2 maize should increase the germ in size, and as a proportion of the kernel. Concluding from the correlation coefficients, selection for high oil should also increase the percentage of protein and lysine in the kernel.

On the average one-third of the kernel protein was located in the germ. The germ was higher than the endosperm in percent of protein and lysine as a percent of protein. However, due to the relative larger endosperm size, the percentage of protein in the endosperm was more important in determining the percentage of lysine in the kernel than the percentage of protein in the germ. The weight of lysine was approximately equal in the germ and endosperm. Rather large variability associated with high values were found for the variables measured suggesting opportunities for selection.

Additional index words: Maize germ, selection for oil in maize, maize seed quality.