

SELEÇÃO PARA TAMANHO DO EMBRIÃO RELACIONADA COM O TEOR DE ÓLEO DO GRÃO DE MILHO (*Zea mays* L.)\*

Luiz Alberto Rocha Batista\*\*

Geraldo Antonio Tosello\*\*\*

*RESUMO*

Para a obtenção de milho com elevada produtividade de grãos e alto conteúdo em óleo, realizou-se na população ESALQ-VD-2, seleção para produtividade entre famílias de meios irmãos e seleção visual para embrião grande dentro dessas famílias, pois a porcentagem de óleo apresenta estreita relação com o tamanho do embrião.

O presente trabalho objetivou avaliar o método de seleção empregado, através da porcentagem de óleo, após cinco ciclos de seleção. A fim de evitar possíveis efeitos da fonte polinizadora, usou-se sementes  $S_1$ . Foram comparadas, entre si, a população Original onde se efetuou seleção entre e dentro de famílias de meios irmãos para produtividade e, a

---

\* Parte da dissertação de Mestrado apresentada pelo primeiro autor à ESALQ/USP, Piracicaba. Entregue para publicação em 27/04/87.

\*\* EMBRAPA - UEPAE de São Carlos - CEP 13.560.

\*\*\* Departamento de Genética - ESALQ/USP - C.P. 83, CEP 13.400 - Piracicaba, SP.

população Alto Óleo onde, além da seleção entre famílias de meios irmãos para produtividade realizou-se seleção visual para embrião grande dentro das famílias. Este sistema usado permitiu elevar o conteúdo de óleo nos grãos de milho, promovendo um ganho médio, por ciclo, de 1,44% na população Alto Óleo em relação à população Original.

## INTRODUÇÃO

Das inúmeras aplicações na alimentação humana, destacamos o milho como fonte de óleo, embora sabendo-se que as variedades e híbridos comerciais contêm normalmente cerca de 4 a 5% em seus grãos (LAMBERT *et alii*, 1967; ALEXANDER *et alii*, 1970; BAUMAN *et alii*, 1963 e 1965 e, MIRANDA *et alii*, 1976). Nos últimos anos o interesse pelo óleo de milho tem aumentado em virtude das suas boas qualidades dietéticas, pois apresenta elevado teor de ácidos graxos insaturados, tais como os ácidos linoléico e oléico (BEADLE *et alii*, 1965). Essa característica torna o óleo de milho especialmente recomendável para a redução do nível de colesterol do sangue, com consequente prevenção de doenças cardiovasculares.

Atualmente, sua provura tem atingido níveis em que a oferta é menor que a demanda, além de um mercado internacional tanto para óleo, como para milhos com maior conteúdo em óleo. Para suprir essa demanda, uma possível solução seria o melhoramento visando à obtenção de genótipos que possuam maiores teores de óleo nos seus grãos. Contudo, a experimentação nos tem demonstrado que o aumento no teor de óleo, provoca um decréscimo na produtividade dos grãos. WOODWORTH *et alii* (1952) analisando a produtividade de grãos numa população com cinquenta gerações de seleção para alto óleo, relataram que esta possui uma produtividade média, aproximadamente 50% infe-

rior aos híbridos locais. ALEXANDER (1962) tratando-se da possibilidade de se obter alta produtividade de grãos e alto conteúdo de óleo, considerou em bases fisiológicas, que o aumento de 1% no conteúdo de óleo nos grãos de milho deve provocar uma redução aproximada, na produtividade de grãos de 75 kg/ha considerando constante a quantidade de calorías produzidas. Tem havido, entretanto, pesquisas sobre a possibilidade de se obter genótipos com teores de óleo mais elevados sem que a sua produtividade de grãos seja grandemente afetada. MILLER e BRIMHALL (1951) verificaram a relação entre o conteúdo de óleo e produtividade de grãos. Encontraram uma correlação estatisticamente significativa e positiva entre estas variáveis. Estes autores sugeriram que um aumento de 3% no conteúdo de óleo pode ser obtido sem afetar a produtividade em grãos do material.

Através da análise dos vários constituintes do grão de milho, HOPKINS *et alii* (1903) e LENG (1967) determinaram que cerca de 85% do total de óleo estão contidos no germem ou embrião. Correlações positivas entre o teor total de óleo e o tamanho do embrião, ou mesmo entre total de óleo e o conteúdo de óleo no embrião, foram relatados por BRUNSON *et alii* (1948), SPRAGUE e BRIMHALL (1949), MILLER e BRIMHALL (1951) e RUSCHEL (1972). MILLER e BRIMHALL (1951) concluíram que o aumento no teor de óleo dos grãos de milho depende primeiramente do aumento da proporção do embrião em relação ao grão e da sua concentração de óleo. O aumento do teor por sua maior concentração no embrião foram também relatados por GLOVER e TOSELLO (1973).

O estudo da herança do conteúdo de óleo em milho foi iniciado por SPRAGUE e BRIMHALL (1949) que evidenciaram que o baixo teor apresenta efeitos de dominância sobre o alto teor de óleo nos grãos, sugerindo que tanto efeitos gênicos aditivos como de dominância estavam presentes e, que cerca de vinte pares de genes estão envolvidos, podendo afetar primeiramente o tamanho do embrião. Evidências de dominância para o baixo teor em

Óleo foi também obtido por ELROUBY e PENNY (1967) e DUDLEY *et alii* (1977). LENG (1962), ELROUBY e PENNY (1967) e MORENO-GONZALEZ e DUDLEY (1975) indicaram como sendo a variância genética aditiva o principal fator afetando o controle do conteúdo de óleo em milho.

O presente trabalho teve como finalidade avaliar o método de seleção dentro de famílias de meios irmãos, para embrião grande, através do conteúdo de óleo nos grãos de milho das populações Original e Alto Óleo., ambas provenientes do composto dentado ESALQ-VD-2.

#### MATERIAL E MÉTODOS

A população básica utilizada no trabalho foi a ESALQ-VD-2, sintetizada no Departamento de Genética da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", a partir de populações de milho da raça Tuxpeño obtidos do CIMMYT, além de populações desenvolvidas em programas locais (PATERNIANI, 1968 e PATERNIANI *et alii*, 1974). Desta população obteve-se as populações Original e Alto Óleo. O método de seleção adotado foi o de seleção entre e dentro de famílias de meios irmãos, proposto por LONNQUIST (1964). A população Original é resultado de três ciclos de seleção entre e dentro de famílias de meios irmãos, com sementes remanescentes, para produtividade de acordo com LIMA (1977). A população Alto Óleo é resultado de cinco ciclos de seleção entre famílias de meios irmãos para produtividade e dentro das famílias para embrião grande da maneira descrita a seguir (PATERNIANI, 1979)<sup>1</sup>.

Durante o ano agrícola de 1972/73, mil progênies de meios irmãos do composto ESALQ-VD-2 (com um ciclo de seleção massal) foram avaliadas para produtividade e caracte

---

<sup>1</sup>Paterniani, 1979 - Comunicação Pessoal.

terísticas agronômicas em 10 ensaios lâtilice 10 x 10 com quatro repetições cada um. As repetições 1, 2 e 3 foram semeadas em outubro, com sementes normais. As parcelas compreenderam de uma fileira de 10,0m, semeando-se três sementes em cada cova espaçadas entre si de 0,40m. O espaçamento entre fileiras foi de 1,0m. Após o desbaste deixou-se duas plantas por cova. O "stand" completo teve 50 plantas por fileira. A repetição 4, foi semeada em novembro, cerca de um mês mais tarde que as repetições 1, 2 e 3, em lote isolado de despendoamento. Essa repetição foi semeada com sementes selecionadas visualmente para embrião grande, de cada uma das progênies de meios irmãos. Semeou-se na proporção de duas fileiras femininas, que foram despendoadas, para uma fileira masculina. As sementes usadas para o plantio das fileiras masculinas foram constituídas por uma mistura, em quantidades iguais, de sementes das 1000 progênies de meios irmãos. A semeadura das fileiras masculinas foi realizada em duas épocas, com intervalo de 7 a 8 dias. Essas sementes, também, foram escolhidas para embrião grande. Após a colheita das repetições 1, 2 e 3 identificou-se as progênies mais produtivas em grãos. Na quarta repetição, colheu-se as 10 melhores plantas dentro das 200 famílias mais produtivas, de acordo com os resultados das três primeiras repetições. Na colheita, deu-se preferência às plantas prolíficas (mais de uma espiga por planta) ou espigas grandes e bem empalhadas, plantas erectas e com inserção de espiga não muito alta. Manteve-se sempre juntas as espigas de plantas prolíficas. Após a secagem das espigas, escolheu-se as 1000 espigas melhores, considerando as espigas de plantas prolíficas como uma espiga. Debulhou-se cada espiga individualmente, constituindo a população ESALQ-VD-2 MI HSHOI (um ciclo de seleção entre famílias de meios irmãos para produtividade e dentro de famílias para embrião grande. O mesmo procedimento foi repetido nos anos agrícolas de 1973/74; 1974/75; 1975/76 e 1976/77. Obteve-se desta forma no final do ano agrícola de 1976/77 a população ESALQ-VD-2 MI HSHOV, ou seja, população ESALQ-VD-2 com cinco ciclos de seleção entre famílias de meios irmãos para produtivi

dade e dentro das famílias para embrião grande, denominada no presente trabalho de população Alto Óleo.

Durante o ano agrícola de 1978/79 uma amostra de sementes tanto da população Original como da Alta Óleo foram plantadas e as espigas das plantas autofecundadas. Obteve-se, desta forma, sementes  $S_1$ , para evitar possíveis efeitos de fonte polinizadora. Da população original foram obtidas 96 espigas, enquanto que da população Alto Óleo obteve-se 43 espigas. Estas espigas após colhidas foram debulhadas individualmente e armazenadas em câmara seca para uniformização da umidade dos grãos que ocorreu ao redor de 12%. De cada espiga, foram escolhidas duas amostras de quinze grãos cada uma, as quais após sua moagem, procedeu-se a determinação da porcentagem de óleo usando n-hexano, durante 14 horas, em extrator de Soxhlet. Na análise estatística dos dados obtidos, estes obedeceram ao esquema do delineamento inteiramente casualizado. As espigas dentro de cada população foram consideradas como tratamentos, e as amostras dentro das espigas como número de determinações, segundo o modelo:

$$Y_{ik} = m + b_i + d_k(i)$$

onde:  $Y_{ik}$  = observação da espiga  $i$  na determinação  $k$ ;

$m$  = média geral;

$b_i$  = efeito de tratamento  $i$ ;  $d_k(i)$  = efeito da determinação  $k$  dentro do tratamento  $i$ .

O modelo visa a diferença de teor de óleo entre as espigas obtidas. O quadro do modelo da análise da variância individual por população é apresentada na Tabela 1.

Pelos parâmetros obtidos do quadro da análise da variância estimou-se:

1) Variância entre espigas:  $\sigma_{Ee}^2 = (Q_1 - Q_2) / r$

2) Coeficiente de Variação entre espigas:

$C.V. Ee = (\sigma_{Ee} / \bar{x}) \cdot 100$ ;

Tabela 1. Análise da variância para porcentagem de óleo, por população. Esperanças matemáticas dos quadrados médios,  $E(QM)$ , obtidas da análise da variância considerando-se os efeitos de espigas como aleatório.

Fontes de Variação	G.L.	Q.M.	$E(QM)$	F
Entre espigas	$n-1$	$Q_1$	$\sigma_{de}^2 + r\sigma_{Ee}^2$	$Q_1/Q_2$
Dentro de espigas	$n(r-1)$	$Q_2$	$\sigma_{de}^2$	-
Total	$nr-1$			

onde:  $n$  = número de espigas analisadas por população;  
 $r$  = número de determinações dentro de cada espiga.

3) Coeficiente de Variação dentro das espigas:  
 $C.V._{de} = (\sigma_{de}/\bar{x}) \cdot 100$ ;

4) Coeficiente de repetibilidade:

$$r = \frac{\sigma_{Ee}^2}{\sigma_{Ee}^2 + \sigma_{de}^2} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1 + Q_2} = h^2 + \sigma_e^2 \quad (\text{VENCOSKY, 1977}).$$

onde:  $\bar{x}$  = estimativa da média do caráter porcentagem de óleo;  $h^2$  = herdabilidade do caráter estudado,  $\sigma_e^2$  = variância ambiental.

O coeficiente de repetibilidade é utilizado para medir a capacidade que os indivíduos de uma população possuem em repetir a expressão do caráter analisado. Pelo fato da variação entre espigas conter, além da variação genética, parte da variação ambiental, este coeficiente corresponde ao limite máximo de herdabilidade do caráter.

A relação de significância entre as populações Original e Alto Óleo foi dada pela análise reunida do caráter

ter porcentagem de óleo. O progresso obtido pela seleção dentro de famílias de meios irmãos para embrião grande com relação ao conteúdo de óleo foi obtido pelo contraste entre as médias do percentual de óleo nas duas populações contrastantes usadas no estudo. A significância deste contraste foi testada pelo teste "t", segundo as seguintes expressões:

$$\hat{y} = m_2 - m_1; t = \hat{y} / (s^2(1/n_1 + 1/n_2))^{1/2} \text{ e,}$$

$$s^2 = (SQ_1 - SQ_2) / ((n_1 + n_2) - 2)$$

onde:  $\hat{y}$  = estimativa do contraste entre médias das populações para uma determinada característica; t = estimativa do teste "t" para  $(n_1 + n_2) - 2$  graus de liberdade;  $m_1$  = estimativa média do caráter na população Original;  $m_2$  = estimativa média do caráter na população Alto Óleo;  $SQ_1$  = soma dos quadrados para característica na população Original;  $SQ_2$  = soma dos quadrados para o caráter estudado na população Alto Óleo e,  $s^2$  = estimativa da variância média das populações Original e Alto Óleo para a característica envolvida pelo contraste.

O valor determinado pelo contraste foi transformado em porcentagem, considerando como índice 100 a população Original. O progresso médio por ciclo de seleção foi obtido através da relação do valor percentual do contraste pelo número de ciclos de seleção.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 apresenta a média, o coeficiente de variação entre espigas e o coeficiente de repetibilidade do caráter porcentagem de óleo nas populações Original e Alto Óleo. O progresso obtido, total e por ciclo de seleção também são apresentados nesta tabela. As análises



de variância referentes às determinações de porcentagem de óleo para as referidas populações são apresentadas nas Tabelas 3 e 4, respectivamente para as populações Original e Alto Óleo. A Tabela 5 apresenta análise da variância reunida por populações, as quais diferiram significativamente entre si pelo teste "F", para o caráter porcentagem de óleo nos grãos de milho. Isto demonstra eficiência do método seletivo, empregado para elevar o conteúdo de óleo nos grãos.

Tabela 2. Média ( $\bar{x}$ ), coeficiente de variação entre espigas (C.V.Ee) e coeficiente de repetibilidade (r) para o caráter porcentagem de óleo, nas populações Original e Alto Óleo. Progresso obtido ( $\Delta G$ ), total e por ciclo de seleção para embrião grande dentro de famílias na população Alto Óleo em relação porcentual à população Original.

Populações	$\bar{x}$	C.V.Ee	r	$\Delta G$	
				total	por ciclo
Original	5,3811	7,85	41,9	7,18**	1,44
Alto Óleo	5,7677	7,76	57,1		

\*\* teste t:  $P < 0,01$ .

Tabela 3. Análise da variância para porcentagem de óleo, relativa as determinações realizadas entre e dentro de espigas  $S_1$  da população Original.

Fontes de Variação	G.L.	Q.M.	C.V. (%)	E(Q.M.)
Entre espigas	95	0,6045**	7,85	$\hat{\sigma}_{de}^2 + 2\hat{\sigma}_{Ee}^2$
Dentro de espigas	96	0,2779	9,25	$\hat{\sigma}_{de}^2$
Total	191			

\*\* teste F:  $P < 0,01$

Tabela 4. Análise da variância para porcentagem de óleo, relativa as determinações realizadas entre e dentro de espigas  $S_1$  da população Alto Óleo.

Fontes de Variação	G.L.	Q.M.	C.V. (%)	E(Q.M.)
Entre espigas	42	0,5516**	7,76	$\hat{\sigma}_{de}^2 + 2\hat{\sigma}_{Ee}^2$
Dentro de espigas	43	0,1507	6,63	$\hat{\sigma}_{de}^2$
Total	85			

\*\* teste F:  $P < 0,01$ .

Tabela 5. Análise da variância reunida por populações para porcentagem de óleo realizadas entre e dentro de espigas  $S_1$  das populações Original e Alto Óleo.

Fontes de Variação	G.L.	Q.M.	C.V. (%)	E(Q.M.)
Entre populações	1	8,8786**	4,78	$\hat{\sigma}_{de}^2 + 2\hat{\sigma}_{Ee}^2 + 2 \cdot (59,4 \frac{\sum Ep^2}{p-1})$
Entre espigas/pop	137	0,6531	9,08	$\hat{\sigma}_{de}^2 + 2\hat{\sigma}_{Ee}^2$
Dentro de esp/pop.	139	0,1540	7,13	$\hat{\sigma}_{de}^2$
Total	237			

\*\*teste F:  $P < 0,01$  .

A seleção entre famílias de meios irmãos para produtividade e dentro das famílias para embrião grande, proporcionou um aumento na porcentagem de óleo de 1,44% por

ciclo de seleção em relação à população Original. Este aumento equivale, em valores absolutos a 0,08%. O aumento porcentual nos cinco ciclos, em relação à população Original foi de 7,18%, estatisticamente significativo ao nível de 1% de probabilidade. ELROUBY e PENNY (1967) encontraram, em valores absolutos, por ciclo de seleção, ganhos de 0,53; 0,39 e 0,50%, respectivamente, para seleção massal, seleção entre famílias de irmãos germanos e seleção recorrente. Da mesma forma, WOODWORTH et alii (1952) haviam detectado um ganho médio de 2,75 em relação à população Original, nas cinco primeiras gerações de seleção para alto óleo, aplicando o método espiga por fileira.

Embora a metodologia utilizada no presente trabalho não tenha possibilitado estimar a variabilidade genética do caráter estudado, LENG (1962) refere-se que esta variabilidade pode ser também medida pelo coeficiente de variação, embora este parâmetro contenha parte da variação ambiental. Os coeficientes de variação estimado para o caráter porcentagem de óleo mostraram a presença de variabilidade entre espigas para esta característica nas populações Original e Alto Óleo. Esta variabilidade tende a ser mais acentuada na população Original. Fato semelhante e ainda mais acentuado, ocorre com a variação dentro de espigas. Os valores obtidos para variação entre espigas se aproximam dos obtidos por LENG (1962), onde o coeficiente de variação em 13 gerações de seleção para alto óleo variou de 5,4 a 14,6%. O fato da população Original ter apresentado maior variabilidade, de acordo com seu coeficiente de variação, tanto entre como dentro das espigas, se deve à constatação de que a seleção tende a diminuir a variabilidade no decorrer dos ciclos, nos caracteres selecionados. Isto é mostrado no trabalho de LIMA (1977) onde a seleção, entre e dentro de famílias de meios irmãos para produtividade de grãos, acarretou uma redução de 7,35 para 6,26% no coeficiente de variação genética, em três ciclos de seleção. A redução da variabilidade para o caráter porcentagem de óleo na população Alto Óleo, em relação a população Original é também observado na Fi

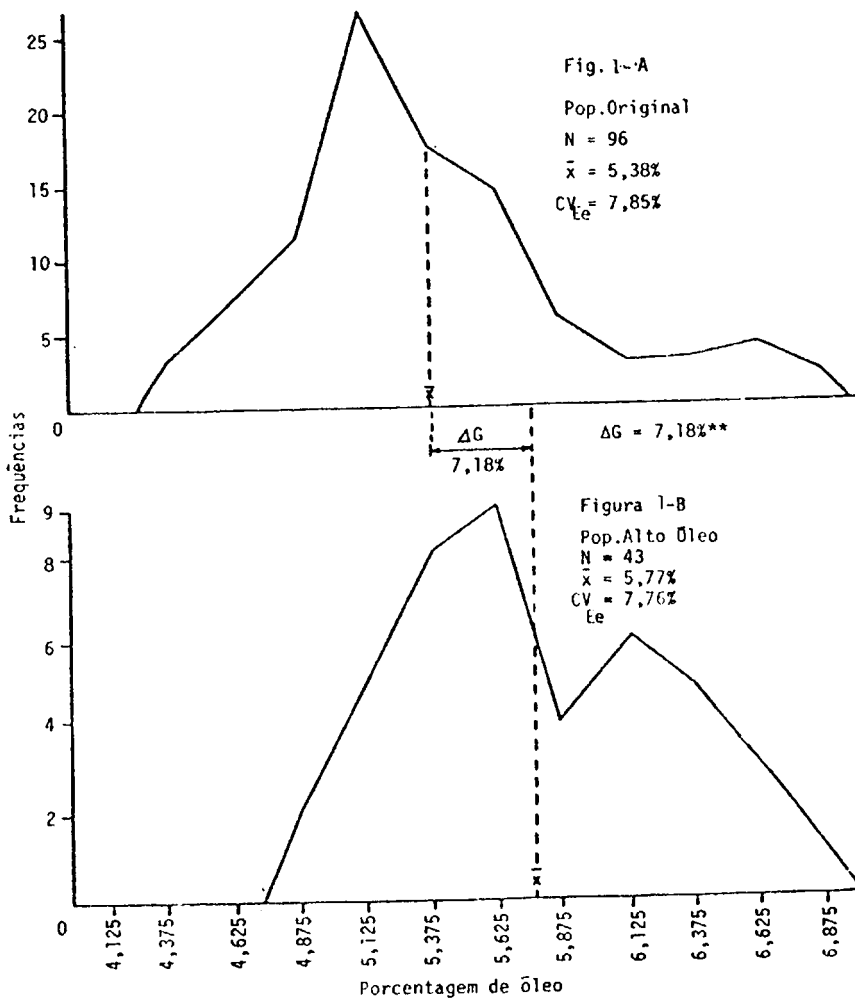


Figura 1. Distribuição das frequências relativas à porcentagem de óleo das espigas  $S_1$  do composto ESALQ-VD-2.

gura 1, a qual mostra a distribuição das frequências relativas ao teor de óleo nestas populações. A constatação de variabilidade, estatisticamente significativa, na população Alto Óleo indica a possibilidade de novos progressos com a continuidade de seleção para elevar o conteúdo de óleo nessa população de milho.

Os resultados obtidos no presente trabalho mostraram que, embora a seleção entre famílias de meios irmãos tenha sido realizada com base na produtividade, o aumento no conteúdo de óleo foi devido a seleção praticada dentro das famílias para embrião grande. Este aumento foi bastante significativo sendo comparáveis aos trabalhos onde se aplicou seleção visando somente a elevação do conteúdo de óleo. Isto se deve ao fato do tipo de seleção aplicado ter explorado a variância genética dentro de famílias de meios irmãos para o aumento do tamanho do embrião e a elevada relação existente entre o tamanho do embrião e o conteúdo de óleo dos grãos de milho.

O coeficiente de repetibilidade para o caráter porcentagem de óleo foi superior na população Alto Óleo, concordando com os resultados obtidos por HOPKINS (1899), GENTER *et alii* (1956), JELLUM e MARION (1966), os quais mostraram que populações com maior teor de óleo estão sujeitas a uma maior interação por ambiente. Estes valores são comparáveis com os valores de herdabilidade, obtidos por DUDLEY e LAMBERT (1969) e MIRANDA *et alii* (1976), os quais foram da ordem de 12,5 e 15,7%, respectivamente. Pois o coeficiente de repetibilidade representa o limite máximo da herdabilidade, já que este contém parte da variação ambiental.

Através das análises realizadas nos dados obtidos no presente trabalho podemos concluir que a seleção massal praticada dentro das famílias de meios irmãos para embrião grande proporcionou um aumento de 7,18% na população Alto Óleo, em relação a população Original para o conteúdo de óleo nos grãos de milho provenientes do composto ESALQ-VD-2.

## CONCLUSÕES

1. Que o método de seleção massal empregado para aumentar o tamanho do embrião, foi eficiente como um método para aumentar o teor de óleo na semente do milho, comparado à população Original.

2. O aumento no conteúdo de óleo foi devido a seleção praticada dentro das famílias de meios irmãos.

3. Houve um progresso genético com a seleção, da ordem de 7,18% no conteúdo de óleo do grão, em relação à população Original.

## SUMMARY

### SELECTION FOR GERM SIZE RELATED TO THE OIL CONTENT OF THE CORN GRAIN (*Zea mays* L.)

To get corn with higher yielding and oil content, the population ESALQ-VD-2 was submitted to a breeding program where the selection among half sib families were carried out mainly for yielding and within families, a mass selection was applied in order to increase the germ size, since the oil content is highly correlated with the germ enlargement.

The present work had been done with the intention to evaluate the breeding procedure used, by measuring the progress in the oil content of the grain after five cycles of selection. To avoid any pollen effect seeds of  $S_1$  ears were used and comparisons were done between two populations, the Original and the High Oil. The Original population was obtained through a selection among and within families only for productivity. The High Oil population besides the selection among families for productivity, had a mass selection applied to increase the germ size.

The breeding response under the selection scheme led to an increasing progress in the oil content of the High Oil population and a 1.44% of oil per cycle was detected.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALEXANDER, D.E., 1962. Corn as an oil crop. **Proceeding of the 17<sup>th</sup>. Annual Hybrid Corn Industry - Research Conference**, 17: 85-91 (Original não consultado; apud ELROUBY, M.M. e L.H. PENNY, 1967. Variation and co-variation in high oil population of corn (*Zea mays* L.) and their implications in selection. **Crop Science**, Madison, 7(3): 216-219).
- ALEXANDER, D.E., J.W. DUDLEY e R.G. CCRECH, 1970. Corn breeding and genetics. In: INGLETT, G.E. Ed. **Corn: culture, processing, products**. The Avi. Pub. Comp., Inc. p.6-23.
- BAUMAN, L.F., T.F. CONWAY e S.A. WATSON, 1963. Heritability of variations in oil content of individual corn kernels. **Science**, New York, 139(3554): 498-499.
- BAUMAN, L.F., T.F. CONWAY e S.A. WATSON, 1965. Inheritance of variations in oil content of individual corn (*Zea mays* L.) kernels. **Crop Science**, Madison, 5(2): 137-138.
- BEADLE, J.B., D.E. JUST, R.E. MORGAN e R.A. REINERS, 1965. Composition of corn oil. **Journal American Oil Chemist Society**, Illinois, 42(1): 90-95.
- BRUNSON, A.M., F.R. EARLF e J.J. CURTIS, 1948. Interrelations among factors influencing the oil content of corn. **Journal American Society Agronomy**, Geneva, 40(2): 180-185.

- DUDLEY, J.W. e R.J. LAMBERT, 1969. Genetic variability after 65 generations of selection in Illinois oil and protein strains of *Zea mays* L. In: DUDLEY, J.M. Ed., 1974. **Seventy Generations of Selections for oil and protein in maize**. Crop Science Society of America, Inc. Madison, Wisconsin, p.175-180.
- DUDLEY, J.W., R.J. LAMBERT e D.E. ALEXANDER, 1974. Seventy generations of selections for oil and protein concentration in maize kernel. In: DUDLEY, J.W. ed, **Seventy generations of selection for oil and protein in maize**. Crop Science Society of American, Inc. Madison, Wisconsin, p.181-211.
- ELROUBY, M.M. e L.H. PENNY, 1967. Variation and covariation in high oil populations of corn (*Zea mays* L.) and their implications in selections. **Crop Science**, Madison, 7(3): 216-219.
- GENTER, C.F., J.F. EHEART e W.N. LINKOUS, 1956. Effects of location, hybrid, fertilizer, and rate of planting on the oil protein contents of corn grain. **Agronomy Journal**, Madison, 48(1): 63-67.
- GLOVER, D.V. e G.A. TOSELLO, 1973. Kernel characteristics, protein quality and biological value of the sugary-2 mutation and its combination with opaque -2 in *Zea mays* L. **Agronomy Abstracts**, 65th Annual Meeting, Madison, p.5 (Abst.).
- HOPKINS, C.G., 1899. Improvement in the chemical composition of the corn kernel. In: DUDLEY, J.E. Ed., 1974. **Seventy generations of selection for oil and protein in maize**. Crop Science of America, Inc. Madison, Wisconsin, p.1-29.
- HOPKINS, C.G., L.H. SMITH e E.M. EAST, 1903. The structure of the corn kernel and the composition of its different parts. In: DUDLEY, J.W. Ed., 1974. **Seventy generations of selection for oil and protein in**



- maize.** Crop Science Society of America, Inc. Madison, Wisconsin. p.33-63.
- JELLUM, M.D. e J.E. MARION, 1966. Factors affecting oil content and oil composition of corn (*Zea mays* L.) grain. **Crop Science**, Madison, **6**(1): 41-42.
- LAMBERT, R.J., D.E. ALEXANDER e R.C. RODGERS, 1967. Effect of kernel position on oil content in corn (*Zea mays* L.). **Crop Science**, Madison, **7**(2): 143-144.
- LENG, E.R., 1962. Results of long-term selection for chemical composition in maize and their significance in evaluation breeding systems. In: DUDLEY, J.W., Ed., 1974. **Seventy generations of selection for oil and protein in maize.** Crop Science Society of America, Inc. Madison, Wisconsin, p.149-172.
- LENG, E.R., 1967. Changes in weight, germ ratio. and oil content during kernel development in high oil corn (*Zea mays* L.). **Crop Science**, Madison, **7** (4): 333-334.
- LIMA, M., 1977. Seleção entre e dentro de famílias de meios irmãos na população de milho ESALQ-VD-2. Piracicaba, SP. ESALQ/USP. 71p. (Dissertação de Mestrado).
- LONNQUIST, J.H., 1964. A modification of the ear-to row procedure for the improvement of maize populations. **Crop Science**, Madison, **4**(2): 227-228.
- MILLER, P.A. e B. BRIMHALL, 1951. Factors influencing the oil and protein content of corn grain. **Agronomy Journal**. Madison, **43**(7): 305-311.
- MIRANDA, P., R. RUSCHEL e E. PATERNIANI, 1976. Avaliação de famílias de meios irmãos no milho (*Zea mays* L.) Centralmex, para produção de grãos e óleo. **Boletim Técnico Instituto de Pesquisas Agronômicas**, Recife, **76**: 37p.

- MORENO-GONZALEZ, J., J.W. DUDLEY, 1975. A design III study of linkage disequilibrium for percent oil in maize. **Crop Science**, Madison, 15(6): 840-843.
- PATERNIANI, E., 1968. Formação de compostos de milho. **Relatório Científico do Instituto de Genética**, Piracicaba, 2: 102-108.
- PATERNIANI, E., J.R. ZINSLY e J.B. MIRANDA FILHO, 1977. Populações melhoradas de milho obtidas pelo Instituto de Genética. **Relatório Científico do Instituto de Genética**, Piracicaba, 11: 108-114.
- RUSCHEL, R., 1972. **Selection for oil and relationships among oil, protein and lysine in an opaque-2 populations of maize (*Zea mays* L.)**. Purdue University, USA (PhD. Thesis).
- SPRAGUE, G.F. e B. BRIMHALL, 1949. Quantitative inheritance of oil in the corn kernel. **Agronomy Journal**, Madison, 41(1): 30-33.
- VENCOVSKY, R., 1977. **Princípios de Genética Quantitativa**. Publicação didática. Depto. de Genética, ESALQ/USP. 97p.
- WOODWORTH, C.M., E.R. LENG e R.W. JUNGENHEIMER, 1952. Fifty generations of selection for protein and oil in corn. In: DUDLEY, J.W. Ed., 1974. **Seventy Generations of selection for oil and protein in maize**. Crop Science Society of America, Inc., Madison, Wisconsin. p.121-131.