

AVALIAÇÃO DE POPULAÇÕES DE MILHO DE ALTA QUALIDADE PROTÉICA¹

RICARDO MAGNAVACA, EDILSON PAIVA², ELIEZER ITAMAR WINKLER³,
HÉLIO WILSON L. DE CARVALHO⁴, MÁRCIO DE CASTRO SILVA FILHO⁵
e MARIA JOSÉ V.V.D. PEIXOTO⁶

RESUMO - Vinte e três populações de milho de alta qualidade protéica, contendo o gene recesivo opaco-2 em homozigose, selecionadas para endosperma vítreo através de modificadores do gene opaco-2 e duas testemunhas de endosperma normal (BR 105 e AG 301), foram avaliadas em seis ambientes: Porto da Folha, SE (verão), Porto da Folha, SE (inverno), Sete Lagoas, MG, Goiânia, GO, Nova Prata, RS e Cruz Alta, RS. Os caracteres utilizados neste estudo foram: Peso de espiga (kg/ha), Proteína (%), Triptofano, Lisina (% na proteína do endosperma). Algumas populações opaco-2 brancas de endosperma vítreo adaptaram-se bem a diferentes regiões do País, apresentando alta produtividade e teores de lisina e triptofano na proteína do endosperma equivalente a tipos contendo o gene opaco-2 com endosperma farináceo. Algumas populações de cor de grãos amarelos mostraram boa produtividade, mas precisam ser melhoradas em seus teores de lisina e triptofano.

Termos para indexação: opaco-2 modificado, produção, proteína, lisina, triptofano.

EVALUATION OF HIGH QUALITY PROTEIN MAIZE POPULATIONS

ABSTRACT - Twenty-three high quality protein maize populations, selected for hard-endosperm opaque-2 through modifiers of the opaque-2 gene, and two normal checks (BR 105 and AG 301), were evaluated at six Brazilian environments: Porto da Folha, SE (Summer), Porto da Folha, SE (Winter), Sete Lagoas, MG, Goiânia, GO, Nova Prata, RS and Cruz Alta, RS. The following traits were measured: Ear weight (kg/ha), grain endosperm protein (%), tryptophan and lysine (% of endosperm protein). Opaque-2 white kernel high quality protein maize populations showed good adaptation to the different regions, high yields and tryptophan-lysine content similar to floury endosperm opaque-2 cultivars. A few yellow kernel populations showed good adaptation with high yields but need to be improved in tryptophan-lysine content.

Index terms: modified opaque-2, yield, protein, lysine, tryptophan.

INTRODUÇÃO

A partir da descoberta do maior teor da lisina em genótipos de milho contendo o gene opaco-2 (Mertz et al. 1964), foram iniciados programas de seleção, no Brasil, visando à introdução deste gene em populações e linhagens de milho. Alguns híbridos opaco-2 mostraram produtividade próxima à dos híbridos de endosperma normal avaliados em 1973 (Ribeiral 1974).

No entanto, no Brasil, como em outros países, o milho opaco-2 não foi bem aceito em face do

endosperma mole e farináceo do grão, que resulta em menor densidade dos grãos, menor produtividade, maior teor de umidade na colheita, e aumento na susceptibilidade às podridões da espiga e ao ataque de insetos em grãos armazenados (Sing & Asnani 1975).

A seleção para endosperma vítreo a partir de modificadores do gene opaco-2 seria uma solução para a eliminação dos problemas decorrentes do endosperma farináceo do opaco-2. A presença destes modificadores para endosperma vítreo do gene opaco-2 foi relatada por Paez et al. (1969) e Vasal (1975). No entanto, os teores de lisina e triptofano tendem a ser negativamente correlacionados com a seleção para endosperma vítreo (Gupta et al. 1979, 1983) e são intermediários com relação a endosperma normal e opaco-2 farináceo (Ortega & Bates 1983).

Utilizando compostos de base genética ampla e seleção recorrente para produção, endosperma vítreo e altos teores de lisina e triptofano na proteína do endosperma, foi possível selecionar, no

¹ Aceito para publicação em 6 de julho de 1988.

² Eng. Agr., Ph.D., EMBRAPA/Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (CNPMS). Caixa Postal 151, CEP 35700, Sete Lagoas, MG.

³ Eng. Agr., M.Sc., EMBRAPA/CNPMS, trabalhando no Centro Nacional de Pesquisa de Fruteiras de Clima Temperado, CEP 96100 Pelotas, RS.

⁴ Eng. Agr., M.Sc., EMBRAPA/CNPMS, trabalhando no Centro Nacional de Pesquisa de Coco. CEP 48000, Aracajú, SE.

⁵ Eng. Agr., Estagiário da EMBRAPA/CNPMS.

⁶ Bioquímica, EPAMIG-EMBRAPA/CNPMS.

CIMMYT, variedades estáveis contendo o endosperma vítreo em compostos opaco-2 após 6-7 ciclos de seleção (Vasal et al. 1980). Estes progressos na seleção para altos teores de lisina e triptofano e endosperma vítreo foram acompanhados de melhoria na produtividade, resistência a doenças da espiga, aspecto da espiga e densidade dos grãos. Estas populações têm despertado novamente o interesse de melhoristas de vários países para a possibilidade de se obter cultivares de alta qualidade protéica que sejam aceitos pelos agricultores. (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo 1985).

Visando a utilização destas variedades de alta qualidade protéica nos programas nacionais de melhoramento de milho, o Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (CNPMS-EMBRAPA) introduziu 23 destas variedades desenvolvidas pelo CIMMYT. O objetivo do presente trabalho foi avaliar estas variedades quanto à adaptação a diferentes regiões produtoras de milho no Brasil, analisando seus teores de Lisina e Triptofano na proteína.

MATERIAL E MÉTODOS

As populações de alta qualidade protéica utilizadas neste estudo foram introduzidas do CIMMYT, em 1984 (Tabela 1). Elas são de origem tropical e subtropical, têm o porte reduzido, e foram multiplicadas no inverno de 1984, em campos isolados, nos CNPMS, Sete Lagoas, MG. Nesta multiplicação obteve-se um mínimo de 500 cruzamentos entre plantas dentro de cada população.

Em outubro de 1984 foram instalados seis ensaios nos seguintes locais: Porto da Folha, SE (verão e inverno), Sete Lagoas, MG, Goiânia, GO, Nova Prata, RS e Cruz Alta, RS. Os tratamentos dos ensaios foram 23 populações, sendo 14 de cor de grãos amarela e 9 branca, uma variedade (BR 105) e um híbrido duplo (Agrocere 301) de endosperma normal. Os 25 tratamentos foram sorteados em látices 5 x 5, com quatro repetições, sendo a parcela constituída de quatro fileiras de 5 m, densidade final de cinco plantas/m², colhendo-se as duas fileiras centrais para anotação (50 plantas). Foram anotados e analisados os dados para peso de espiga despilhada e transformados para kg/ha. Considerando que a umidade do grão está em equilíbrio com a umidade do sabugo, tomou-se na colheita uma amostra de grãos, determinando-se a umidade, a qual foi utilizada para corrigir o peso total de espigas despalhadas para 15,5% de umidade. Todos os ensaios foram adubados com 200 kg da fórmula 8-28-16/ha mais 40 kg de nitrogênio/ha em cobertura.

Os grãos das variedades e o F₂ do híbrido duplo foram analisados para percentagem de proteína do endosperma (N total x 6,25) e porcentagem de triptofano nesta proteína, de acordo com a metodologia proposta por Hernandez & Bates (1969). Por este método, a percentagem de lisina da proteína do endosperma foi estimada pela equação de regressão $y = 0.3601 + 4.074x$, onde y = percentagem de lisina na proteína do endosperma e x = percentagem de triptofano na proteína do endosperma. A análise de triptofano na proteína foi feita a partir de um composto de grãos de cada variedade, multiplicada no CNPMS sem repetições.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 são apresentadas as médias para peso de espiga despilhada (kg/ha) nos seis ensaios. As duas testemunhas de endosperma normal, o híbrido duplo AG 301 e a variedade BR 105, produziram, respectivamente, 7.043 e 6.247 kg/ha na média dos ambientes. O híbrido foi o mais produtivo dos tratamentos, mas a variedade BR 105 foi suplantada em produtividade por algumas populações de alta qualidade protéica. As variedades de alta qualidade protéica de cor branca La Posta QPM (6.758 kg/ha), Population 63 QPM (6.559 kg/ha), Guanacaste 7.940 (6.545 kg/ha) e Population 64 QPM (6.510 kg/ha) foram as de maior produtividade na média dos locais e superiores a qualquer variedade de grão amarela. Estas produtividades são altas quando se considera serem germoplasma exótico e ainda não selecionadas no Brasil. Quanto às populações de cor amarela destacaram-se em produtividade as Population 66 QPM (6.117 kg/ha), Population 65 QPM (6.110 kg/ha) e Amarello Cristalino QPM (5.991 kg/ha). Apesar de apresentarem produtividades inferiores às de cor de grãos branca, são comparáveis à produtividade da variedade BR 105 de endosperma normal, que tem mostrado ampla adaptação (Lopes et al. 1985). Estes resultados mostram claramente os avanços obtidos com a seleção recorrente para produtividade e modificadores para endosperma vítreo do gene opaco-2 (Vasal et al. 1980). As produtividades encontradas na avaliação feita no Brasil confirmam os resultados obtidos em outros países (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo 1985). Com a seleção para endosperma vítreo eliminaram-se os problemas de menor

TABELA 1. Relação e caracterização dos tratamentos utilizados neste estudo.

Número	Identificação no CNPMS	Identidade ¹	Cor dos Grãos
01	CMS 450	Population 63-Blanco Dentado-1 QPM (Tropical)	Branca
02	CMS 451	Population 64-Blanco Dentado-2 QPM (Tropical)	Branca
03	CMS 452	Population 62-White Flint QPM	Branca
04	CMS 453	Population 65-Yellow Flint QPM	Amarela
05	CMS 454	Population 66-Yellow Dent QPM	Amarela
06	CMS 455	Pool 25 QPM	Amarela
07	CMS 456	Pool 26 QPM	Amarela
08	CMS 457	Blanco Cristalino QPM	Branca
09	CMS 458	Amarillo Cristalino QPM	Amarela
10	CMS 459	La Posta QPM	Branca
11	CMS 460	Obregon 7940	Branca
12	CMS 461	Poza Rica 7940	Branca
13	CMS 462	Guanacaste 7940	Branca
14	CMS 463	Population 69-Templado Amarillo QPM	Amarela
15	CMS 464	Population 70-Templado Amarillo QPM	Amarela
16	CMS 465	Pool 33 QPM	Amarela
17	CMS 466	Pool 34 QPM	Amarela
18	CMS 467	Amarillo del Bajio QPM	Amarela
19	CMS 468	Amarillo Subtropical QPM	Amarela
20	CMS 469	Templado Blanco Dentado QPM	Branca
21	CMS 470	Obregon 7941	Amarela
22	CMS 471	Across 7941	Amarela
23	CMS 472	San Jeronimo 7941	Amarela
24		BR 105 (Variedade)	Amarela
25		Agrocerec 301 (Híbrido duplo)	Amarela

¹ Números 1 a 23 são os tratamentos com endosperma vítreo opaco-2; 24 e 25 são testemunhas de endosperma comum

densidade dos grãos e menor produtividade relatados por Singh & Asnani (1975) para as cultivares opaco-2 de endosperma farináceo.

A análise de variância individual da produção de espigas despalhadas individuais e conjunta dos ensaios conduzidos em seis ambientes mostrou que, com exceção de Nova Prata (RS), houve efeito significativo para tratamento. A análise conjunta mostrou efeito significativo para tratamento e interação local x tratamento.

Na Tabela 3 são apresentadas as percentagens de proteína no endosperma de grãos dos diferentes tratamentos, e as percentagens dos aminoácidos lisina e triptofano nesta proteína para os tratamentos. Os teores de proteína encontrados são semelhantes aos de milho de endosperma normal, e não foram afetados pela seleção para modificadores de gene opaco-2, embora Vasal (1975) tenha relatado uma tendência

para aumento nos teores de proteína com a seleção para endosperma vítreo. A média das 23 populações de alta qualidade protéica (10,13%) foi intermediária para os valores das duas testemunhas de endosperma normal (9,73-10,39%).

Com relação à percentagem de lisina e triptofano na proteína do endosperma, verifica-se que todos os materiais selecionados para alta qualidade protéica foram superiores à testemunha de endosperma normal AG 301. No entanto, há muita variação entre os materiais contendo o gene opaco-2 selecionado para endosperma vítreo. Os maiores valores para lisina e triptofano foram encontrados para três materiais brancos, Population 63 QPM, Population 64 QPM e Population 62 QPM. A primeira mostrou o dobro da percentagem de triptofano do AG 301 (0,86% para 0,43%). A percentagem de lisina na proteína para a Population 63 QPM (3,86%) e Population 64 QPM

TABELA 2. Médias para produção de espigas despalhadas (kg/ha) de seis locais: Porto da Folha, SE (Inverno), Porto da Folha, SE (Verão), Sete Lagoas, MG, Goiânia, GO, Nova Prata, RS, Cruz Alta, RS. Ano Agrícola 1984/85.

Trat.	Peso de espigas despalhadas (kg/ha)						Média
	Porto Folha Inverno (SE)	Porto Folha Verão (SE)	Sete Lagoas (MG)	Goiânia (GO)	Nova Prata (RS)	Cruz Alta (RS)	
01	5809	5554	8184	10051	4990	4769	6559
02	6106	6658	7765	9326	4752	4456	6510
03	4394	5510	7256	7586	4666	4769	5697
04	6517	6071	6580	8162	5043	4290	6110
05	6213	6071	6890	8291	5056	4181	6117
06	5783	6465	6462	7872	4478	3825	5651
07	5425	6068	6816	7848	4779	4170	5851
08	6220	5724	6764	7572	4326	3216	5754
09	5526	5929	7207	7714	4738	4824	5991
10	7527	5709	7811	9188	4704	5610	6758
11	5227	4721	7991	8248	4739	5039	5994
12	5317	5162	7235	8080	4781	4849	5404
13	7353	5734	7784	9475	4828	4097	6545
14	4579	5142	6690	7134	5205	4059	5468
15	6570	3970	6660	7267	5101	3172	5457
16	5208	4045	6617	7586	4896	3890	5374
17	5830	4367	6637	7542	4757	3241	5396
18	5011	4656	6383	6419	4434	3386	5049
19	5841	3864	6877	6772	4965	3676	5332
20	5473	3968	6888	7860	5059	2760	5335
21	6477	4775	6681	7725	4776	3545	5663
22	6474	4728	6752	7446	5332	4055	5798
23	5600	4604	6761	7729	5573	3616	5647
24	7055	6161	7323	8443	4642	3871	6247
25	7513	5809	8778	9731	4330	6095	7043
Média	5962	5218	7112	8043	4839	4167	5890
DMS (Tu- ckey 5%)	2766	1808	1440	1805	1374	1592	365
CV (%)	17,05	12,73	7,44	8,24	10,43	14,04	11,67

(3,62%) foi semelhante a valores encontrados para híbridos e populações brasileiras (3,85% - 3,46%) contendo o gene *opaco-2* sem seleção para endosperma vítreo (Ribeiral 1974). As outras populações, brancas ou amarelas, apresentaram valores intermediários para lisina e triptofano, sendo que entre as de cor amarela destacaram-se a Population 66 QPM, Population 65 QPM e Amarillo Cristalino QPM.

Estes resultados mostram que a seleção recorrente utilizada por Vasal et al. (1980) para produção, endosperma vítreo e altos teores de lisina e triptofano na proteína, mostrou-se eficiente, podendo-se obter teores dos dois aminoácidos

essenciais comparáveis a tipos *opaco-2* de endosperma farináceo. A variação de teores dos aminoácidos entre os materiais de alta qualidade parece indicar que já foram realizados mais ciclos de seleção recorrente em alguns deles.

Coincidentemente, duas populações de cor branca que apresentaram alta produtividade de espigas na média dos seis locais também apresentaram maiores percentuais de triptofano e lisina na proteína do endosperma: Population 63 QPM (0,86% triptofano, 3,86% lisina) e Population 64 QPM (0,80% e 3,62%). A população La Posta QPM, de produtividade superior, apresentou valores intermediários para triptofano e lisina

TABELA 3. Teores de proteína, triptofano e lisina no endosperma de grãos dos diferentes tratamentos

Tratamento	Proteína (%)	Triptofano *	Lisina *
Population 63-QPM	9,85	0,86	3,86
Population 64-QPM	10,28	0,80	3,62
Population 62-QPM	11,16	0,70	3,21
Population 65-QPM	10,06	0,51	2,44
Population 66-QPM	10,06	0,64	2,97
Pool 25-QPM	10,50	0,66	3,05
Pool 26-QPM	9,63	0,68	3,13
Blanco Cristalino QPM	10,83	0,66	3,05
Amarillo Cristalino QPM	10,39	0,57	2,68
La Posta QPM	10,28	0,69	3,17
Obregon 7940	10,06	0,61	2,84
Poza Rica 7940	10,72	0,60	2,80
Guanacaste 7940	9,84	0,58	2,72
Population 69-QPM	10,50	0,55	2,60
Population 70-QPM	9,74	0,59	2,76
Pool 33-QPM	9,52	0,65	3,01
Pool 34-QPM	9,63	0,60	2,80
Amarillo del Bajío QPM	10,72	0,55	2,60
Amarillo Subtropical QPM	9,63	0,53	2,52
Templado Blanco Dentado QPM	9,63	0,63	2,93
Obregon 7941	9,95	0,49	2,36
Across 7941	9,84	0,63	2,93
San Jeronimo 7941	10,17	0,53	2,52
BR 105 (Normal)	9,73	0,60	2,80
AG 301 (Normal)	10,39	0,43	2,11
Média (Opaco-2 Endosperma vítreo)	10,13	0,62	2,89

* Em percentagem da proteína endosperma.

(0,69% e 3,17%). Esta coincidência de produtividade com teores altos de aminoácidos não ocorreu para os materiais de cor de grãos amarela. Das mais produtivas a população Pool 26 QPM apresentou os maiores teores de triptofano e lisina (0,68% e 3,13%), valores porém considerados intermediários.

Os resultados indicam que Population 63 QPM e Population 64 QPM de cor de grãos branca seriam mais recomendadas para plantios no Brasil. Estudos desenvolvidos por Rosinha et al. (1983) mostraram a viabilidade de utilização de farinhas mistas de trigo e milho integral desengorduradas para a produção de pães e biscoitos. Substituições de até 20% do trigo por farinha desengordurada de milho resultaram em produtos com qualidade tecnológica semelhante aos padrões obtidos somente com farinha de trigo. Estas

variedades seriam então especialmente recomendadas para uso industrial em mistura com farinha de trigo, pois além de serem produtivas, possuem endosperma branco com proteína de alto valor nutritivo. Algumas populações de cor de grãos amarela como Population 66 QPM, Population 65 QPM, Amarillo Cristalino QPM e Pool 26 QPM, apresentaram boa produtividade, mas precisam ser melhoradas quanto aos teores de lisina e triptofano na proteína. No entanto, já são superiores quanto ao valor nutritivo às variedades de milho de endosperma normal em uso no País. Cuidado especial é recomendado na difusão destas variedades, pois ainda que apresentem endosperma vítreo, as características de alta qualidade protéica se devem ao gene recessivo opaco-2 em homozigose. Se ocorrer cruzamentos destas variedades com cultivares de endosperma normal, as próximas

gerações serão segregantes com maior frequência para endosperma normal, com menores teores dos aminoácidos lisina e triptofano, só detectável por análise química.

CONCLUSÕES

1. Populações de milho de alta qualidade proteica, contendo o gene opaco-2 e selecionadas para endosperma vítreo, mostram alta produtividade de espiga em diferentes regiões brasileiras.

2. Duas populações de cor de grãos branca são indicadas para plantio e no uso industrial para mistura em farinhas, graças à alta produtividade e aos altos teores de lisina e triptofano.

3. Algumas populações de cor de grãos amarela apresentam alta produtividade, mas precisam ser melhoradas quanto aos teores de lisina e triptofano na proteína do endosperma.

4. Estas populações abrem a possibilidade de serem obtidas variedades de alta qualidade proteica que sejam aceitas pelos agricultores quanto ao fenótipo dos grãos.

REFERÊNCIAS

- CENTRO INTERNACIONAL DE MEJORAMIENTO DE MAÍZ Y TRIGO, México. *Reseña de la investigación 1984*. México, 1985. 103p.
- GUPTA, H.O.; LODHA, M.L.; RASTOGI, D.K.; SINGH, J.; MAHTA, S.L. Nutritional evaluation of hard endosperm opaque-2 maize. *J. Agric. Food Chem.*, 27(2):390-2, 1979.
- GUPTA, H.O.; SINGH, J.; SINGH, R.P. Evaluation of normal opaque-2 and modified opaque-2 maize varieties for some chemical traits. *Indian J. Agric. Sci.*, 53(9):767-70, 1983.
- HERNANDEZ, H. & BATES, L.S. A modified method for rapid tryptofan analysis of maize. Mexico, CIMMYT, 1969, 7p. (Research bulletin, 13).
- LOPES, M.A.; GAMA, E.E.G. e; MAGNAVACA, R. Estabilidade da produção de grãos de seis variedades de milho e seus respectivos híbridos intervarietais. *Pesq. agropec. bras.*, 20(4):427-31, 1985.
- MERTZ, E.T.; BATES, L.S.; NELSON, O.E. Mutant gene that changes protein composition and increases lysine content of maize endosperm. *Science*, 145: 279-80, 1964.
- ORTEGA, E.I. & BATES, L.S. Biochemical and agronomic studies of two modified hard-endosperm opaque-2 maize (*Zea mays* L.) populations. *Cereal Chem.*, 60(2):107-11, 1983.
- PAEZ, A.V.; HELM, J.L.; ZUBER, M.S. Lysine content of opaque-2 maize kernels having different phenotypes. *Crop Sci.*, 9:251-2, 1969.
- RIBEIRAL, U.C. Situação do milho de alta lisina no Brasil. In: REVISÃO de Literatura da Cultura do Milho no Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte, PIPAEMG, 1974. p.26-39.
- ROSINHA, Rui C.; BAIER, A.C.; CROCOMO, D.H.G.; GARCIA, J.C.; VIEIRA, L.F.; ROSINHA, Raul C.; BORGONOV, R.A.; TOMASINI, R.G.A. Proposta de uma política de governo para o trigo, o milho, o sorgo e o triticale; aspectos de substituição de parte da farinha de trigo na produção de pães, massa e biscoitos. Brasília, EMBRAPA-Diretoria Executiva, 1983. 3Sp. (EMBRAPA-Diretoria Executiva. Documentos, 1).
- SINGH, U. & ASNANI, V.L. Present status and future prospects of breeding for better protein quality in maize through opaque-2. In: PURDUE UNIVERSITY. *High-quality protein maize*. Stroudsburg, Dowden, Hutchinson & Ross, 1975. p. 86-101.
- VASAL, S.K. Use of genetic modifiers to obtain normal-type kernels with the opaque-2 gene. In: PURDUE UNIVERSITY. *High-quality protein maize*. Stroudsburg, Dowden, Hutchinson & Ross, 1975. p.197-216.
- VASAL, S.K.; VILLEGAS, E.; BJARNASON, M.; GE-LAW, B. GOERTZ, P. Genetic modifiers and breeding strategies in developing hard endosperm opaque-2, materials. In: CENTRO INTERNACIONAL DE MEJORAMIENTO DE MAÍZ Y TRIGO, México, ed. *Improvement of quality traits of maize for grain and silage use*. The Hague, Nijhoff, 1980. p.27-73.