

Correlação entre Minerais em Grãos de Linhagens de Milho de Endosperma Normal e de Alta Qualidade Protéica¹.

GUIMARÃES, P.E. de O.²; RIBEIRO, P. E. de A.²; SCHAFFERT, R. E.²; SENA, M.R.³; COSTA, L.P.⁴; PAES, M. C. D.²; ALVES, V. M. C.²; COELHO, A. M.²; NUTTI, M.⁵; VIANA J. L. C.⁵; NOGUEIRA, A. R. de A.⁶ e SOUZA, G.B de.⁶

evaristo@cnpms.embrapa.br

Palavras-chave: Minerais, correlações, milho.

Revisão Bibliográfica

Enquanto a deficiência em energia e proteína afeta mais de 800 milhões de pessoas em regiões periféricas, a deficiência de microminerais, chamada de fome oculta, atinge mais de dois bilhões de pessoas, principalmente mulheres e crianças nos países em desenvolvimento (McGuire, 1993; Yip e Scalon, 1994, Welch e Graham, 2002). O desenvolvimento de cultivares biofortificadas – variedades melhoradas que apresentam maior teor de minerais e vitaminas via melhoramento – é uma das alternativas para complementar as intervenções em nutrição existentes e proporcionar também uma forma sustentável e de baixo custo para alcançar as populações com limitado acesso aos sistemas formais de mercado e saúde (Carvalho, 2005).

O objetivo do programa Harvest Plus para a cultura do milho é, com a integração de diversas instituições (tais como: CIMMYT-México, IITA-Nigéria, Universidade de Illinois e Cornell-EUA e Embrapa), gerar tecnologias e conhecimento para desenvolvimento de cultivares normais e com melhor qualidade protéica, com maiores teores nos grãos de carotenóides precursores da vitamina A e dos minerais ferro e zinco, que sejam aceitas tanto por agricultores quanto por consumidores de países em desenvolvimento.

Pesquisas têm demonstrado que, apesar de significativa a interação genótipos x ambientes, há um importante componente genético (Welch e Graham, 2002; Arnold e Bauman, 1976; Arnold et al., 1977) para a concentração de minerais nos grãos, indicando que é possível explorar a variabilidade existente para o desenvolvimento de cultivares biofortificadas.

Alguns trabalhos em diversas culturas demonstram a possibilidade de melhoramento simultâneo para diversos minerais e características importantes dos grãos. Segundo Welch e Graham (2002), pesquisadores do CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical) observaram correlação significativa e positiva de 0,52 entre as concentrações de Fe e Zn em diferentes genótipos de feijão, assim como pesquisadores do CIMMYT observaram alta correlação entre concentrações de Fe e Zn em grãos de linhagens de trigo. Na cultura do milho, Arnold e Bauman (1976), correlacionaram algumas características do grão como proteína, óleo, peso e volume com alguns minerais como P, K, Mg, Fe e Zn. A percentagem de óleo não apresentou nenhuma correlação com a concentração de proteína e dos elementos analisados. Já a percentagem de proteína foi positivamente correlacionada com os teores de P e Mg. Altas correlações positivas e significativas foram observadas entre P e K, P e Mg e K e Mg. A

¹Pesquisa financiada pelo Programa Harvest Plus; ²Embrapa Milho e Sorgo, Rod. MG 424 km 65, CP 151, Sete Lagoas, MG, 35701-970; ³Bolsista de doutorado UFLA/CNPq e ⁴de iniciação científica CNPq; ⁵Embrapa Agroindústria de Alimentos e ⁶Embrapa Pecuária Sudeste

densidade dos grãos não foi correlacionada com nenhuma das características avaliadas, mas o peso e volume foram positivamente correlacionados com a concentração de P e Mg. Arnold et al., 1977, avaliaram as relações entre lisina e proteína com as concentrações de P, K, Mg, Fe e Zn nos grãos de duas populações, uma segregante entre endosperma normal e de alta qualidade protéica e outra homocigota de alta qualidade protéica. A correlação entre a percentagem de lisina e de K não foi significativa. Já entre a concentração de Zn e lisina foi positiva e significativa, indicando que genes modificadores que influenciam os opacos na concentração de lisina podem também influenciar na concentração de Zn. Correlações positivas e significativas foram observadas entre lisina e proteína, P, Zn e a concentração de óleo na população homocigota. A concentração de lisina foi correlacionada positivamente com as concentrações de proteína, P, K, Fe e Zn nos grãos de endosperma normal e com proteína, P, Mg, Fe e Zn nos grãos de alta qualidade protéica da população segregante. A porcentagem de proteína foi correlacionada significativamente com a lisina, P, Mg, Zn e a concentração de óleo na população homocigota. Na população segregante, a concentração de proteína foi positivamente correlacionada com a concentração de lisina, P, K, Mg, Fe e Zn nos grãos tanto endosperma normal como nos de alta qualidade protéica. Quanto às correlações entre os minerais, na população homocigota, para o gene opaco-2, são destaques as correlações significativas: 0,69 (Mg x P), 0,66 (P x Zn), 0,54 (Fe x Zn) e 0,50 (Zn x Mg). Enquanto isso na população segregante para grãos de tipo normal, são destaques os coeficientes de correlação 0,70 (Mg x P), 0,49 (Mg x Fe) e 0,41 (Fe x Zn) e para os de alta qualidade protéica, 0,74 (Mg x P), 0,57 (Mg x Fe), 0,54 (P x Fe) e 0,52 (K x Fe) e (Fe x Zn).

O objetivo deste trabalho foi determinar correlações entre diversos minerais em um grupo de 1394 linhagens da Embrapa Milho e Sorgo, 1205 com endosperma normal e 189 linhagens com alta qualidade protéica.

Material e Métodos

Grãos de linhagens de milho foram secos a 65°C, moídos em moinho de aço inoxidável e digerido com mistura de ácido nítrico e ácido perclórico (Silva, 1999). Realizou-se leitura dos seguintes minerais: Al, Ba, Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn, P, Si, V e Zn em espectrômetro de plasma, ICP Vista – Varian. Estimou-se uma matriz de coeficientes de correlação de Pearson para os minerais avaliados em cada grupo de linhagens. As linhagens normais não foram analisadas simultaneamente para Si, V e Mo e não foi realizada análise para Na no grupo de linhagens de alta qualidade protéica.

Resultados e Discussão

Para o grupo normal (Tabela 1), as correlações variaram de -0,04^{ns} (Na x Mn) a 0,90* (K x P). Dentre as maiores correlações também se destacaram: 0,79* (Mg x S); 0,75* (P x S); 0,73* (S x Zn); 0,73* (Zn x Mg); 0,67* (Fe x Zn), 0,67* (Mg x P) e 0,61* (P x Zn). Quando leva-se em conta as médias das correlações em valores absolutos, observa-se que P (0,41), S (0,41), Zn (0,40), Mg (0,39), Fe (0,35) e K (0,34), apresentaram maiores valores, indicando que em média estes nutrientes apresentaram uma alta correlação com os demais.

Quanto ao Fe, as correlações variaram de 0,67* (Fe x Zn), 0,63** (Fe x Mg) a 0,13** (Fe x Na). Nota-se que em média há uma razoável correlação entre esse elemento e os demais, mas é importante ressaltar que a maior correlação alcançada por este micronutriente foi com o Zn, o que

facilita o desenvolvimento de cultivares apresentando altos teores para esses dois minerais, objetivo do programa Harvest Plus.

Tabela 1: Coeficientes de correlação entre minerais nos grãos do grupo de endosperma normal com suas respectivas significâncias.

	Zn	Ca	S	P	K	Mg	AL	Ba	Cu	Mn	Na	Média
Fe	0.67*	0.41**	0.59**	0.48**	0.36**	0.63**	0.14**	0.12**	0.23**	0.45**	0.13**	0.35
Zn		0.50**	0.73**	0.61**	0.42**	0.73**	0.14**	0.08**	0.27**	0.59**	0.02ns	0.40
Ca			0.59**	0.45**	0.34**	0.62**	0.13**	0.14**	0.14**	0.29**	0.06ns	0.31
S				0.75**	0.56**	0.79**	0.12**	0.07**	0.17**	0.43**	0.09ns	0.41
P					0.90**	0.67**	0.11**	0.04ns	0.29**	0.43**	0.22**	0.41
K						0.46**	0.18**	0.01ns	0.32**	0.33**	0.22**	0.34
Mg							0.08*	0.14**	0.08**	0.37**	0.11**	0.39
AL								0.01ns	0.61**	0.07**	0.05ns	0.14
Ba									-0.02ns	-0.02ns	0.00ns	0.06
Cu										0.48**	0.08*	0.22
Mn											-0.04ns	0.29
Na												0.08

*** significância ao nível de 0,05 e 0,01 de probabilidade, respectivamente.

Já o Zn apresentou maior amplitude de variação que o Fe: de 0,73** (S x Zn, e Zn x Mg) a 0,02^{ns} (Zn x Na). Observa-se também que em média há uma razoável correlação entre esse elemento e os demais.

Quanto ao grupo de alta qualidade protéica (Tabela 2), as correlações variaram de 0,85** (Cu x Zn) a - 0,42** (V x Al), se destacando também, nos grupos de maiores coeficientes: 0,79** (V x Mg); 0,72** (Al x Zn), 0,70** (Cu x Al), 0,68** (Mg x P) e 0,64** (K x P). Já no grupo dos menores coeficientes de correlação, o Fe, S, Mn e Si se destacam apresentando as menores médias em valores absolutos dos coeficientes para os minerais analisados. A correlação Fe x Zn foi 0,16**, indicando baixo grau de associação entre esses minerais.

Para o elemento Fe, os coeficientes na maioria dos casos são de baixa magnitude, variando de 0,32** (Fe x Al) a - 0,12ns (Fe x V) dificultando a seleção indireta.

Já para o Zn, há coeficientes de maior magnitude, variando de 0,85** (Zn x Cu); 0,72** (Zn x Al) a - 0,18* (Zn x V), em média a correlação com os demais minerais é mais alta que a alcançada com o Fe.

Nota-se que os grupos diferem muito com relação aos coeficientes calculados. Se levarmos em conta as correlações médias, o grupo normal supera na maioria das vezes o grupo de alta qualidade protéica, sendo o P um bom exemplo, este elemento apresentou as mais altas correlações nos dois grupos mas com grande variação pois no grupo normal apresenta 0,45 e no de alta qualidade protéica seu coeficiente médio caiu para 0,26, o que demonstra a grande diferença entre estes dois grupos.

Tabela 2: Coeficientes de correlação entre minerais do grupo de endosperma de alta qualidade protéica com suas respectivas significâncias.

	Zn	Ca	S	P	K	Mg	AL	Ba	Cu	Mn	Si	V	média
Fe	0.16*	0.09ns	0.15ns	0.14*	0.00ns	0.10**	0.32**	0.03ns	0.14*	0.18*	0.17ns	-0.12ns	0.12
Zn		0.36**	0.06ns	0.14*	0.14ns	0.07ns	0.72**	-0.15*	0.85**	0.13ns	0.11ns	-0.18*	0.24
Ca			0.17*	0.18**	0.32**	0.27**	0.25**	0.21*	0.27**	0.33**	-0.05ns	0.10ns	0.20
S				0.44**	0.17*	0.30**	0.05ns	0.24**	0.08ns	0.32**	0.01ns	0.14ns	0.16
P					0.64**	0.68**	0.06ns	0.25**	0.05ns	0.04ns	0.07ns	0.48**	0.24
K						0.52**	0.08**	0.32**	0.03ns	0.06ns	-0.23*	0.23**	0.21
Mg							-0.06ns	0.31**	-0.03ns	0.35*	-0.18ns	0.79**	0.28
AL								-0.20**	0.70**	-0.04ns	0.12ns	-0.42**	0.23
Ba									-0.21**	0.22**	-0.21*	0.22**	0.20
Cu										0.08ns	0.05ns	-0.25**	0.21
Mn											-0.21*	0.26**	0.17
Si												-0.12ns	0,12
V													0.26

*** significância ao nível de 0,05 e 0,01 de probabilidade, respectivamente.

Atualmente como o maior foco do programa Harvest-Plus é sobre os minerais Fe e Zn, nota-se que há possibilidade de se aumentar simultaneamente as concentrações para estes elementos, principalmente no grupo normal. Novos estudos, com determinação de correlações genóticas entre minerais, poderão fornecer informações mais detalhadas para o melhoramento simultâneo para teor de minerais diversos minerais

Literatura Citada

ARNOLD, J. M.; BAUMAN, L. F.; AYCOCK, H. S. Interrelations among protein, lysine, oil, certain mineral element concentrations, and physical kernel characteristics in two maize populations. **Crop Science**, Madison, v. 17, n. 3, p. 421-425, May-June 1977.

ARNOLD, J. M.; BAUMAN, L. F. Inheritance of and interrelationship among maize kernels traits and elemental contents. **Crop Science**, Madison, v. 16, n. 3, p. 439-440, May-June 1976.

CARVALHO, J. L. V. de; Desenvolvimento de produtos para o público alvo. Desenvolvimento de Produtos Agrícolas Mais Nutritivos. Brasília, DF: 2005.

McGUIRE J. G. Addressing micronutrient malnutrition. **SCN News**, v. 9, p. 1-10, 1993.

WELCH, R. M.; GRAHAM, R. D. Breeding crops for enhanced micronutrient content. **Plant and Soil**, The Hague, v. 245, p. 205-214, 2002.

SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília, DF: :
Embrapa Comunicacao para Transferencia de Tecnologia; Rio de Janeiro: Embrapa Solos;
Campinas: Embrapa Informatica Agropecuaria, 1999. 370 p.

YIP, R.; SCANLON, K. The burden of malnutrition: a population perspective. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 124, p. 2043S-2046S, 1994. Suplemento