

MELHORAMENTO GENÉTICO VEGETAL

COMPOSIÇÃO DE MICROMINERAIS EM CULTIVARES DE FEIJÃO E APLICAÇÕES PARA O MELHORAMENTO GENÉTICO (1)

NERINÉIA DALFOLLO RIBEIRO (2*); EVANDRO JOST (3); TAIGUER CERUTTI (4);
SANDRA MARIA MAZIERO (4); NERISON LUIZ POERSCH (4)

RESUMO

O objetivo desse trabalho foi determinar a composição de microminerais em cultivares de feijão obtidas em dois locais, com vistas à avaliação dos efeitos da interação cultivares x locais e à identificação de cultivares para uso direto ou para derivações. Os minerais – ferro, zinco, cobre, manganês e boro, foram determinados em grãos de 19 cultivares de feijão, obtidos na safra de 2004/2005, em dois municípios do Estado do Rio Grande do Sul. Os grãos de feijão foram constituídos em maior parte por ferro (71,5 mg kg⁻¹), seguido pelo zinco (30,0 mg kg⁻¹), manganês (18,9 mg kg⁻¹), cobre (9,5 mg kg⁻¹) e boro (8,3 mg kg⁻¹). Interações cultivares x locais significativas foram observadas em relação ao teor de zinco e ao rendimento de grãos. Observou-se na cultivar Guateian 6662 alto teor de microminerais, independentemente do local de cultivo, sendo indicada na biofortificação de dietas e para derivações no programa de melhoramento.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L., qualidade nutricional, variabilidade genética, interação genótipo x ambiente.

ABSTRACT

MICROMINERAL COMPOSITION OF COMMON BEAN CULTIVARS AND ITS APPLICATIONS IN CROP BREEDING

The objective of this investigation was to determine the micromineral composition of seeds of common bean cultivars grown at different locations, examine cultivar x location interactions, and identify cultivars for direct consumption or use in breeding programs. Iron, zinc, copper, manganese and boron concentrations mineral were determined for 19 cultivars obtained in the 2004/05 cropping year in two locations in Rio Grande do Sul State, Brazil. Iron (71.5 mg kg⁻¹), followed by zinc (30.0 mg kg⁻¹), manganese (18.9 mg kg⁻¹), copper (9.5 mg kg⁻¹) and boron (8.3 mg kg⁻¹) were the main constituents. Significant cultivar x location interactions were detected for zinc content and grain yield. Cultivar Guateian 6662 presented high micromineral content, independently of location, being suitable for diet enrichment and cultivar improvement.

Key words: *Phaseolus vulgaris* L., nutritional quality, genetic variability, genotype x environment interaction.

(1) Recebido para a publicação em 22 de fevereiro e aceito em 12 de setembro de 2007.

(2) Departamento de Fitotecnia, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), 97105-900 Santa Maria (RS). E-mail: neiadr@smail.ufsm.br (*) Autora para correspondência.

(3) Aluno do Programa de Pós-graduação em Agronomia da UFSM.

(4) Alunos do Curso de Agronomia da UFSM.

1. INTRODUÇÃO

Os microminerais - ferro, zinco, cobre, manganês e boro, são necessários em pequenas quantidades diárias pelo organismo – miligramas ou microgramas, para a manutenção da normalidade metabólica e para o funcionamento adequado das células (CUNHA e CUNHA, 1998).

O ferro é essencial à formação da hemoglobina e sua deficiência provoca anemia (MAHAN, 1998). O zinco é necessário para a mobilização hepática da vitamina A, atua na maturação sexual, na fertilidade e na reprodução, e a sua deficiência provoca atraso no crescimento, retardamento da maturação sexual, perda de apetite e intolerância à glicose (FRANCO, 1999).

As deficiências de cobre, manganês e boro são raras em humanos. Entretanto, o cobre é co-fator de várias enzimas (FENNEMA, 2000) e o manganês é essencial para o metabolismo do colesterol, crescimento corpóreo e reprodução (FRANCO, 1999). Além disso, as evidências com estudos em animais sugerem que a privação de boro afeta o cérebro e os ossos (MAHAN, 1998).

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) possui teores consideráveis de microminerais (SATHE et al., 1984; BARAMPAMA e SIMARD, 1993; BEEBE et al., 2000). Considerando que grande parcela da população brasileira tem o hábito de consumir feijão diariamente, a utilização de alimentos fortificados constitui-se alternativa promissora, pois não altera a rotina, é prática e não requer custos adicionais para a administração da dieta.

Em trabalhos desenvolvidos com germoplasma de feijão da coleção do Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), na Colômbia, constata-se que há variabilidade genética suficiente para aumentar em 80% o conteúdo de ferro nos grãos e em 50% o teor de zinco (BEEBE et al., 2000). Além disso, observa-se a presença de variabilidade genética para teores de diversos microminerais em cultivares de feijão (BARAMPAMA e SIMARD, 1993; BEEBE et al., 2000; GUZMÁN-MALDONADO et al., 2000; ARAÚJO et al., 2003; CICHY et al., 2005). Assim, o aumento da concentração de ferro e de zinco nos grãos, por meio de métodos convencionais de melhoramento genético, poderá ser eficiente também no incremento da biodisponibilidade desses microminerais (WELCH et al., 2000; HOUSE et al., 2002).

No entanto, para que seja possível o desenvolvimento de cultivares de feijão com teores elevados de microminerais se faz necessário o conhecimento da composição desses elementos em grãos de cultivares brasileiras de feijão e os efeitos da interação genótipos x ambientes sobre esses caracteres.

Assim, os objetivos desse trabalho foram: (1) avaliar a composição de ferro, zinco, cobre, manganês e boro em grãos de cultivares de feijão desenvolvidas no Brasil; (2) investigar a presença de interação cultivares x locais sobre os teores de microminerais e o rendimento de grãos; (3) identificar cultivares para uso direto como cultivares biofortificadas ou para derivações em programas de melhoramento.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no Laboratório de Ecologia Florestal (LABEFLO), do Departamento de Ciências Florestais, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, Rio Grande do Sul (RS). Os grãos de feijão utilizados foram obtidos na safra agrícola de 2004/2005, em áreas experimentais dos Programas de Melhoramento da UFSM e da Embrapa Clima Temperado, Pelotas (RS).

A cidade de Santa Maria está localizada na região da depressão central do Rio Grande do Sul, a uma altitude de 95 m, latitude 29°42'S, e longitude 53°43'W. O clima da região é do tipo Cfa – temperado chuvoso, com precipitações pluviais bem distribuídas ao longo dos anos e subtropical do ponto de vista térmico. O solo é classificado como Alissolo Hipocrômico argilúvico típico, pertencente à unidade de mapeamento Santa Maria, com a seguinte composição química: pH (H₂O): 5,8; ferro: 139,5 mg dm⁻³; zinco: 1,1 mg dm⁻³; cobre: 0,4 mg dm⁻³; manganês: 22,4 mg dm⁻³; boro: 0,5 mg dm⁻³.

Pelotas, por sua vez, está situada a uma altitude de 17 m, latitude 31°7'S, e longitude 52°1'W, sendo o clima do tipo Cfa - temperado úmido, de acordo com a classificação de Köppen. O experimento foi desenvolvido em solo Cambissolo Háplico distrófico típico, verificando-se a seguinte composição química: pH (H₂O): 5,1; zinco: 3,8 mg dm⁻³; cobre: 1,5 mg dm⁻³; boro: 0,5 mg dm⁻³.

No campo, o solo foi preparado de maneira convencional e a adubação realizada de acordo com a interpretação da análise química do solo. Em Santa Maria, 250 kg ha⁻¹ de adubo NPK, da fórmula 5-20-20, foram incorporados por ocasião da semeadura. A adubação nitrogenada de cobertura foi parcelada em duas aplicações de 40 kg ha⁻¹ de nitrogênio nos estádios vegetativos de primeira e de terceira folhas trifolioladas, respectivamente, V3 e V4. Em Pelotas, foram aplicados 300 kg ha⁻¹ da fórmula 10-30-10, não sendo necessária a adubação de cobertura com nitrogênio. O controle de insetos foi realizado com a aplicação de Metamidofós e o controle de plantas invasoras efetuado de forma manual e sempre que necessário, de maneira que não houvesse competição na cultura.

O delineamento experimental de blocos ao acaso, com três repetições, foi utilizado no campo em ambos locais (Santa Maria e Pelotas) e 19 cultivares de feijão foram avaliadas, sendo 13 do grupo comercial preto e 6 do grupo de cores. As parcelas foram compostas de quatro fileiras de 4 m de comprimento, espaçadas de 0,50 m, e a área útil da parcela consistiu das duas fileiras centrais, nas quais se desprezaram 0,50 m das extremidades, totalizando 3,0 m² por unidade experimental. A colheita e a trilha das plantas foram realizadas manualmente na maturação fisiológica e, após a retirada das impurezas, os grãos foram secos ao sol e em estufa (65 a 70 °C), até atingirem umidade média de 13%, quando se determinou o rendimento de grãos.

As análises de minerais foram realizadas em duas repetições, em duplicata, em cada local de cultivo. Para tanto, amostras de 100g de grãos foram moídas em micro moinho até a obtenção de partículas inferiores a 1 mm. Logo após, foram armazenadas em potes plásticos, devidamente identificadas, e conservadas sob refrigeração até o momento da realização das análises laboratoriais.

A digestão nítrica-perclórica (HNO₃ + HClO₄, na proporção 3:1) foi realizada para a determinação dos teores de ferro, zinco, cobre e manganês. Esses minerais foram quantificados em espectrofotômetro de absorção atômica (chama), marca Perken Elmer, modelo Analyst 200, utilizando os seguintes comprimentos de onda (Fe: 248,3 nm, Zn: 213,9 nm, Cu: 324,8 nm e Mn: 279,5 nm). O boro foi quantificado por digestão seca, por meio de incineração da amostra em mufla elétrica a 550°, utilizando o método da azometina-H. A leitura de boro foi realizada em espectrofotômetro UV-VIS, marca Único, modelo 2100, com comprimento de onda de 410 nm. Os métodos aplicados para a digestão das amostras e para as dosagens dos microminerais foram descritos pela EMBRAPA (1999).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, utilizando-se o teste F a 5% de probabilidade, para testar as hipóteses da interação cultivares x locais e dos efeitos principais de cultivares e de locais. O efeito de cultivares foi considerado como fixo e o efeito de locais, aleatório. Em relação às variáveis com interação cultivares x locais, efetuou-se a comparação das médias pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. O rendimento de grãos foi analisado, segundo o delineamento blocos ao acaso, com três repetições e os teores de ferro, zinco, cobre, manganês e boro, de acordo com o delineamento inteiramente casualizado, com duas repetições, em duplicata. A análise de correlação linear de Pearson foi realizada com os dados médios - de Santa Maria, de Pelotas e do conjunto de locais.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na análise de variância obtiveram-se interações cultivares x locais significativas em relação ao teor de zinco e ao rendimento de grãos, indicando resposta diferenciada das cultivares de feijão aos locais de avaliação (Tabela 1). No entanto, para cobre e boro foram significativos os efeitos de cultivares e de locais. Para manganês, constatou-se diferença significativa apenas entre locais e nenhum efeito significativo foi obtido para ferro. BARAMPAMA e SIMARD (1993) verificaram, na África, que os teores de ferro, cobre e zinco foram significativamente influenciados pela cultivar e pelo local de cultivo. BEEBE et al. (2000) observaram diferenças significativas para ferro e zinco em grãos de 1.031 acessos cultivados que integram a coleção de germoplasma do Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), na Colômbia. No Brasil, ARAÚJO et al. (2003) concluíram que o teor de ferro nos grãos de cultivares e de linhagens avançadas de feijão é afetado pela interação genótipos x locais; nas cultivares IAPAR 57 e Pérola observaram-se teores elevados de ferro, independentemente do local de cultivo.

Quando se consideram os valores médios obtidos de microminerais, nos dois ambientes, pode-se inferir que o grão de feijão é composto em maior parte por ferro (71,54 mg kg⁻¹), seguido pelo zinco (30,05 mg kg⁻¹), manganês (18,88 mg kg⁻¹), cobre (9,52 mg kg⁻¹) e boro (8,27 mg kg⁻¹) (Tabela 1). Esses teores foram muito semelhantes aos valores observados na Colômbia (BEEBE et al., 2000), demonstrando que o feijão constitui-se em excelente fonte de microminerais para a alimentação.

Os coeficientes de variação ambiental (C_{Ve}) variaram de 4,35% (zinco) a 14,30% (boro), caracterizando efeito do ambiente sobre os teores de microminerais em feijão (Tabela 1). No entanto, maior variabilidade genética foi constatada para zinco, cobre e boro, pois valores próximos à unidade foram obtidos para o índice B, que corresponde à relação entre o coeficiente de variação genético (C_{Vg}) e o coeficiente de variação ambiental (C_{Ve}).

Nos teores de microminerais - em mg kg⁻¹ de massa seca - observou-se amplitude diferenciada em Santa Maria e em Pelotas (Tabela 2). O teor de zinco variou de 22,06 (Iraí) a 30,57 mg kg⁻¹ (Iapar 44), em Santa Maria, e de 29,59 (Iapar 31) a 39,01 mg kg⁻¹ (Macanudo), em Pelotas. Resultados semelhantes foram constatados por CICHY et al. (2005) em populações segregantes de feijão obtidas a partir do cruzamento entre as cultivares Voyager (alto Zn) e Albion (baixo Zn).

Tabela 1. Graus de liberdade (GL) e quadrado médio para os teores de ferro, zinco, cobre, manganês e boro, e rendimento de grãos de 19 cultivares de feijão avaliadas em dois locais de cultivo no Estado do Rio Grande do Sul. Santa Maria (RS), UFSM, 2007

Causas de variação	GL	Quadrado médio (¹)				
		Ferro	Zinco	Cobre	Manganês	Boro
		mg kg ⁻¹				
Cultivares (C)	18	135,1550 ^{ns}	15,1684*	4,6194*	8,3956 ^{ns}	3,1203*
Locais (L)	1	129,8478 ^{ns}	1083,9537*	7,2850*	415,5842*	6,3626*
C x L	18	99,3616 ^{ns}	5,5903*	0,2891 ^{ns}	3,8104 ^{ns}	2,2559 ^{ns}
Resíduo	38	83,3225	1,7090	0,6087	5,2383	1,3981
Média		71,54	30,05	9,52	18,88	8,27
CVe (%)		12,76	4,35	8,20	12,12	14,30
CVg (%)		4,18	5,15	10,93	5,67	19,94
Índice B (CVg/CVe)		0,33	1,18	1,33	0,47	1,39
		Rendimento de grãos				
		kg ha ⁻¹				
Blocos/Ambiente	4	405165,72				
Cultivares (C)	18	246407,52 ^{ns}				
Locais (L)	1	942214,88 ^{ns}				
C x L	18	228962,33*				
Resíduo	72	38583,12				
Média		2061,95				
CVe (%)		9,53				
CVg (%)		2,62				
CVg/CVe		0,27				

(¹) * = Efeito significativo em nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste F; ^{ns} = efeito não significativo pelo teste F.

CVe (%): coeficiente de variação experimental.

CVg (%): coeficiente de variação genético.

Nas cultivares Iapar 44, TPS Nobre, BRS Expedito, Macotaço, Macanudo, FTS Soberano, TPS Bonito, Guateian 6662 e BRS Valente verificaram-se teores elevados de zinco em ambos os locais de cultivo (Tabela 2). Considerando que o zinco faz parte da constituição de aproximadamente 300 enzimas humanas e sua deficiência provoca atraso no crescimento, impotência sexual e intolerância à glicose pela diminuição da produção de insulina (MAFRA e COZZOLINO, 2004), a suplementação com zinco poderia reduzir o impacto dessas doenças. Nesse sentido, a utilização de cultivares de feijão com alto teor de zinco na complementação de dietas deverá ser mais bem investigada, pois consiste em alternativa de baixo custo, prática e que não alteraria a rotina de alimentação do brasileiro.

O teor médio de cobre revelou amplitude de 6,01 (Iapar 31) a 11,50 mg kg⁻¹ (Iapar 44). A identificação de cultivares de feijão com alto teor de cobre, como a Iapar 44, é extremamente oportuna, quando se considera o fato de que a deficiência de cobre conduz à falha na absorção de ferro, resultando em anemia hemocrômica microcítica (MAHAN, 1998).

Com relação ao teor de boro, variação entre 5,93 (Iraí) a 12,29 mg kg⁻¹ (Diamante Negro) foi observada para as cultivares de feijão. O boro é um elemento químico que se concentra, principalmente nos ossos, baço e tireóide, por isso tem papel potencial no desenvolvimento da osteoporose (MAHAN, 1998). Como a cultivar Diamante Negro possui alto teor de boro, sua utilização na alimentação, combinada com outros alimentos, poderia ser muito eficaz na prevenção ou na redução de problemas decorrentes da osteoporose.

Das cultivares avaliadas, a Guateian 6662 foi a única em que se observaram, simultaneamente, teores elevados de zinco, cobre e boro. A cultivar Diamante Negro também obteve altas concentrações desses microminerais, exceto zinco em grãos cultivados em Pelotas.

A partir do conhecimento da composição de microminerais nos grãos de feijão será possível implementar dietas específicas com fins nutricionais, terapêuticos e/ou preventivos, o que permitirá que o feijão possa ser utilizado como um alimento nutracêutico.

Tabela 2. Médias dos teores de zinco, cobre, boro e rendimento de grãos de 19 cultivares de feijão avaliadas em Santa Maria (SM) e em Pelotas (PE), no Estado do Rio Grande do Sul. Santa Maria (RS), UFSM, 2007

Cultivar	Zinco			Cobre			Boro			Rendimento		
	SM	PE	Média	SM	PE	Média	SM	PE	Média	SM	PE	Média
	mg kg ⁻¹ (massa seca)											
	Grupo comercial preto											
Iapar 44	30,57a*	36,44 a	33,50	10,76	12,24	11,50 a	11,98	8,53	10,25 b	1163 d	2023 b	1593
TPS Nobre	28,32a	35,96 a	32,14	9,39	9,96	9,68 a	9,64	7,79	8,71 b	2212 b	2329 a	2270
BRS Expedito	27,80a	35,89 a	31,84	9,74	10,26	10,00 a	9,64	8,28	8,96 b	2014 b	2354 a	2184
Macotaço	27,65a	36,08 a	31,86	9,66	10,10	9,88 a	9,88	8,28	9,08 b	1685 c	2037 b	1861
Macanudo	27,40a	39,01 a	33,20	9,23	9,80	9,51 a	10,01	7,78	8,89 b	2163 b	2160 b	2161
FTS Soberano	27,36a	34,60 a	30,98	9,50	10,55	10,02 a	6,18	7,29	6,73 c	2185 b	1920 b	2052
Guateian 6662	26,98a	34,61 a	30,79	9,30	10,41	9,86 a	11,37	11,61	11,49 a	1588 c	2148 b	1868
Rio Tibaji	26,22a	32,52b	29,37	10,72	10,40	10,56 a	10,26	8,90	9,58 b	1572 c	2163 b	1868
TPS Bionobre	26,20a	33,20b	29,70	9,63	10,29	9,96 a	6,30	7,17	6,73 c	2136 b	2430 a	2283
Diamante Negro	25,95a	30,27b	28,11	10,21	9,85	10,03 a	13,34	11,24	12,29 a	1710 c	2038 b	1874
BRS Valente	25,55a	35,94 a	30,74	9,24	10,43	9,83 a	7,04	7,29	7,16 c	1994 b	2098 b	2046
Guapo Brilhante	23,68b	34,64 a	29,16	8,74	9,52	9,13 a	10,01	7,29	8,65 b	2305 b	2090 b	2197
Minuano	23,27b	34,93 a	29,10	9,48	9,51	9,49 a	8,90	8,90	8,90 b	2013 b	2030 b	2021
	Grupo comercial de cor											
TPS Bonito	27,11a	34,55 a	30,83	8,44	8,98	8,71 a	7,78	7,66	7,72 c	2511 a	1822 b	2166
Pérola	26,38a	31,67b	29,02	9,77	9,84	9,80 a	4,94	7,17	6,05 c	1710 c	2304 a	2007
Carioca	26,28a	31,92b	29,10	8,76	9,18	8,97 a	6,92	6,55	6,73 c	1844 c	2317 a	2080
Iapar 31	25,59a	29,59b	27,59	5,79	6,24	6,01 b	6,06	6,67	6,36 c	2004 b	2468 a	2236
FTS Magnífico	24,92b	29,77b	27,34	8,58	10,17	9,37 a	6,92	6,80	6,86 c	1999 b	1869 b	1934
Iraí	22,06b	31,22b	26,64	8,05	9,03	8,54 a	5,44	6,42	5,93 c	2644 a	2304 a	2474
Média	26,28	33,83	30,05	9,21 B	9,83 A	9,52	8,56 A	7,98 B	8,27	1971	2153	2062

(*) Médias de tratamentos não seguidas de mesma letra (minúsculas na vertical e maiúsculas na horizontal) diferem ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

O grande desafio para o melhoramento genético está na identificação de cultivares de feijão com teores elevados de microminerais, independentemente do ambiente de cultivo. Nesse sentido, a Guateian 6662 é adequada para uso direto na alimentação e para a utilização em blocos de cruzamentos para o desenvolvimento de cultivares de feijão biofortificadas, pois possui teores elevados de zinco, cobre e boro.

Com relação ao rendimento de grãos, as cultivares que se destacaram em Santa Maria foram Iraí e TPS Bonito (Tabela 2). Entretanto, em Pelotas, TPS Nobre, BRS Expedito, TPS Bionobre, Pérola, Carioca, Iraí e Iapar 31 obtiveram rendimento de grãos superiores.

O desenvolvimento de cultivares de feijão com melhor qualidade nutricional e de elevado rendimento de grãos é objetivo recente dos programas de melhoramento. No entanto, para que a seleção seja efetiva para ambas as características é preciso que haja correlação linear positiva. Assim, o aumento do teor de determinado mineral poderá resultar em incremento no rendimento de grãos.

Coefficientes de correlação linear negativos foram obtidos entre o rendimento de grãos e os teores

dos microminerais: boro ($r = -0,50$), cobre ($r = -0,53$) e zinco ($r = -0,53$), em Santa Maria (Tabela 3). No conjunto de locais, correlação negativa entre o rendimento de grãos e o teor de boro ($r = -0,45$), também foi constatada. Sendo assim, a seleção será dificultada, como observado para proteína bruta e rendimento de grãos (LELEJI et al., 1972). De acordo com esses autores, constatou-se, em linhagens de feijão com maior rendimento de grãos, menor teor de nitrogênio e, conseqüentemente, menor proteína bruta nos grãos.

Por outro lado, a seleção concomitante para dois minerais será possível, pois correlação linear positiva foi obtida entre boro - cobre e cobre - manganês, em Santa Maria (Tabela 3), revelando que um alimento com maior valor nutritivo agregado poderá ser disponibilizado. Correlações positivas entre vários minerais também foram constatadas por BEEBE et al. (2000) em acessos de feijão de origem andina e mesoamericana, avaliados na Colômbia, destacando que a seleção para aumentar o valor de um mineral resultará no incremento de outro. No entanto, entre os microminerais ferro - cobre, ferro - zinco e zinco - cobre não foram verificadas correlações significativas, similarmente ao observado por BARAMPAMA e SIMARD (1993) em cultivares de feijão obtidas em diferentes locais de Burundi.

Tabela 3. Matriz de coeficientes de correlação fenotípica entre os caracteres rendimento de grãos (rendimento) e os teores de ferro, zinco, cobre, manganês e boro, de 19 cultivares de feijão avaliadas em dois locais de cultivo no Estado do Rio Grande do Sul - Santa Maria e Pelotas (RS) e de forma conjunta dos locais (geral). Santa Maria (RS), UFSM, 2007

Caráter	Santa Maria				
	Rendimento	Ferro	Zinco	Cobre	Manganês
Ferro	-0,31				
Zinco	-0,53*	0,30			
Cobre	-0,53*	0,44	0,43		
Manganês	-0,40	0,28	0,29	0,61*	
Boro	-0,50*	0,07	0,39	0,53*	0,11
Pelotas					
Ferro	0,03				
Zinco	-0,17	0,00			
Cobre	-0,37	-0,08	0,48*		
Manganês	0,23	-0,04	-0,10	0,18	
Boro	-0,23	-0,13	0,13	0,33	0,32
Geral					
Ferro	-0,24				
Zinco	0,10	-0,08			
Cobre	-0,32	0,14	0,46*		
Manganês	0,21	-0,09	0,70*	0,41*	
Boro	-0,45*	0,03	0,00	0,37*	-0,01

* Significativo pelo teste t, a 5% de probabilidade, com 17 graus de liberdade para os ambientes Pelotas e Santa Maria e com 36 graus de liberdade para o conjunto dos locais.

Já, em Pelotas, correlação linear positiva foi observada apenas entre cobre e zinco, o que permite inferir que a magnitude dos coeficientes de correlação obtidos será dependente do germoplasma avaliado e do ambiente, como fertilidade do solo, tipo de solo, entre outros fatores.

Assim, sugere-se aos melhoristas de feijão que, nas linhagens obtidas de maior potencial de rendimento de grãos, se avalie a composição nutricional dos grãos em maior número de locais possíveis, antes do lançamento da nova cultivar. Essa estratégia permitirá o desenvolvimento de cultivares de feijão com elevado rendimento de grãos e de melhor qualidade nutricional que poderão ser utilizadas com fins terapêuticos ou na prevenção de deficiências minerais.

4. CONCLUSÕES

1. Os grãos de feijão, nas condições avaliadas, constituíram-se em maior parte por ferro, seguido em ordem decrescente pelo zinco, manganês, cobre e boro.

2. O teor de zinco nos grãos de feijão foi afetado pela interação cultivares x locais, o que pode dificultar a seleção de genótipos superiores.

3. Na cultivar Guateian 6662 observou-se alta capacidade em acumular microminerais, sendo indicada sua utilização na biofortificação de dietas e para derivações no programa de melhoramento.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo auxílio financeiro e pelas bolsas de pesquisador e de iniciação científica. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS) pelas bolsas de mestrado e de iniciação científica. Ao pesquisador Irajá Ferreira Antunes pelo envio de amostras de sementes de feijão.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, R. de.; MIGLIORANZA, E.; MONTALVAN, R.; DESTRO, D.; GONÇALVES-VIDIGAL, M.C.; MODA-CIRINO, V. Genotype x environment interaction effects on the iron content of common bean grains. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v.3, n.4, p.269-274, 2003.

BARAMPAMA, Z.; SIMARD, R.E. Nutrient composition, protein quality and antinutritional factors of some varieties of dry beans (*Phaseolus vulgaris*) grown in Burundi. **Food Chemistry**, Barking, v.47, n.2, p.159-167, 1993.

BEEBE, S.; GONZALEZ, A.V.; RENGIFO, J. Research on trace minerals in the common bean. **Food and Nutrition Bulletin**, Boston, v.21, n.4, p.387-391, 2000.

CICHY, K.A.; FORSTER, S.; GRAFTON, K.F.; HOSFIELD, G.L. Inheritance of seed zinc accumulation in navy bean. **Crop Science**, Madison, v.45, n.3, p.864-870, 2005.

CUNHA, D.F.; CUNHA, S.F.C. Microminerais In: DUTRA-DE-OLIVEIRA, J. E.; MARCHINI, J. S. (Ed.). **Ciências nutricionais**. São Paulo: Sarvier, 1998. Cap. 9. p.141-165.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Solos/ Embrapa Informática Agropecuária/ Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. 370 p.

FENNEMA, O. R. **Química de los alimentos**. 2.ed. Zaragoza: Acribia, 2000. 1272p.

FRANCO, G. **Tabela de composição química dos alimentos**. 9.ed. Rio de Janeiro: Atheneu, 1999. 307p.

GUZMÁN-MALDONADO, S.H.; ACOSTA-GALLEGOS, J.; PAREDES-LÓPEZ, O. Protein and mineral content of a novel collection of wild and weedy common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v.80, n.13, p.1874-1881, 2000.

HOUSE, W.A.; WELCH, R.M.; BEEBE, S.; CHENG, Z. Potencial for increasing the amounts of bioavailable zinc in dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.) through plant breeding. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v.82, n.13, p.1452-1457, 2002.

LELEJI, O.I.; DICKSON, M.H.; CROWDER, L.V.; BOURKE, J.B. Inheritance of crude protein percentage and its correlation with seed yield in beans, *Phaseolus vulgaris* L. **Crop Science**, Madison, v.12, n.2, p.168-171, 1972.

MAFRA, D.; COZZOLINO, S.M.F. Importância do zinco na nutrição humana. **Revista de Nutrição**, Campinas, v.17, n.1, p.79-87, 2004.

MAHAN, L.K. Krause: alimentos, nutrição e dietoterapia. 9.ed. São Paulo: Roca, 1998. 1179p.

SATHE, S.K.; DESHPANDE, S.S.; SALUNKHE, D.K. Dry beans of *Phaseolus*. A review. Part 2. Chemical composition: carbohydrates, fiber, minerals, vitamins and lipids. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Cleveland, v.21, n.2, p.41-91, 1984.

WELCH, R.M.; HOUSE, W.A.; BEEBE, S.; CHENG, Z. Genetic selection for enhanced bioavailable levels of iron in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seeds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Chicago, v.48, n.8, p.3576-3580, 2000.