

TRIAGEM DE VARIEDADES DE FEIJÃO VISANDO À TOLERÂNCIA AO MANGANÊS¹

José Olimpio de Souza Júnior²
Raphael Bragança A. Fernandes²
Júlio César Lima Neves²
José Mauro Chagas³

1. INTRODUÇÃO

O Brasil, apesar de ser o maior produtor mundial de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), com produção média anual em torno de 2.000.000 de toneladas, tem produtividade média baixa, ficando em torno de 450 kg/ha (7). A acidez e a baixa fertilidade natural, condições freqüentes na maioria dos solos do País, constituem-se num dos maiores entraves à obtenção de aumento da produtividade do feijoeiro.

O manganês (Mn) é elemento essencial às plantas, mas, em solos mal drenados e, ou, com pH inferior a 5,5, seus teores disponíveis podem se tornar excessivos, causando efeitos fitotóxicos (1). Segundo ANDREW (2), vários trabalhos mostram as leguminosas como plantas de maior sensibilidade ao Mn que as não-leguminosas. Revisando trabalhos de vários autores, KOHNO e FOY (3) apontam o feijoeiro como planta sensível ou moderadamente sensível ao Mn, quando comparado com outras espécies vegetais cultivadas em solução.

¹ Trabalho realizado com auxílio de Bolsa de Iniciação Científica (Convênio CNPq/UFV). Aceito para publicação em 05/12/1995.

² Departamento de Solos, Universidade Federal de Viçosa. 36571-000 Viçosa, MG.

³ Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG). CP.216, 36570-000 Viçosa, MG.

Este trabalho teve por finalidade agrupar 38 variedades de feijão quanto à tolerância diferencial ao excesso de Mn em solução nutritiva, e avaliar o acúmulo deste nutriente na parte aérea e no sistema radicular em 11 dessas variedades.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Sementes de 38 variedades de feijão (Quadro 1), incluídas no Programa de Pesquisa e Melhoramento de Feijão do Estado de Minas Gerais, originadas do banco de germoplasma da Universidade Federal de Viçosa, foram germinadas em rolos de papel, sob condições de câmara de germinação. Para cada variedade selecionaram-se oito plântulas uniformes em tamanho e aspecto.

A unidade experimental foi formada por um vaso plástico de

QUADRO 1 - Variedades incluídas no experimento, cedidas pelo Programa de Pesquisa e Melhoramento de Feijão do Estado de Minas Gerais

Nº de registro - variedade	Nº de registro - variedade
1030 - Carioca	1732 - Milionário
1919 - Ouro	1735 - Rico
1958 - 3272 (CIAT)	1923 - CNF 290
2059 - LM 30013-0	1959 - 3702 (CIAT)
2104 - Milionário Mulatinho	1962 - 3648 DOR 241
2119 - LM 21322-0	1992 - Ouro Negro
2128 - LM 21303-0	2041 - W 22-50
2135 - ESAL 565	2043 - LM 21135
2136 - ESAL 563	2045 - LM 30074
2137 - ESAL 567	2048 - LM 20816
2138 - ESAL 564	2049 - LM 20785
2157 - RAB 94	2050 - LM 30030
2159 - RAB 96	2141 - FT 120
2162 - MA 534554	2142 - FT 83-86
2164 - CNF 5547	2170 - SX 1574-2
2166 - CNF 5550	2171 - AN 512634-0
2167 - CNF 5551	2174 - 84 VAN 166
2169 - CNF 5554	2175 - Rico 23 ¹ TO
2172 - Vermelho X Milionário	2176 - BZ 1480-8

superfície de aproximadamente 360 cm², contendo 8,0 litros de solução nutritiva e quatro plântulas de cada variedade, submetidas a certo nível de Mn.

Os tratamentos foram formados por 38 variedades de feijão e dois níveis de Mn, com uma repetição.

A solução nutritiva utilizada para macronutrientes (em µmol/L) foi a recomendada por RUIZ *et alii.* (6), para experimentos com feijoeiro: N-NO₃⁻ 3,7; N-NH₄⁺ 0,8; Ca 1,7; P 0,8; K 2,0; Mg 0,2; S 0,2; enquanto a solução de micronutrientes (em µmol/L) foi composta por: Fe 80; Mn 7; B 19; Zn 2; Cu 0,5 e Mo 0,08. As plantas foram cultivadas com a solução a 1/4 de "força" e sob condições de casa de vegetação. A solução foi continuamente aerada e periodicamente corrigida quanto ao pH para 5,2.

As doses de Mn foram presença e ausência de 6,0 mg/L de Mn, além daquela fornecida pela solução de micronutrientes. Os tratamentos que receberam a adição de 6,0 mg/L de Mn serão chamados de tratamentos na presença de Mn, enquanto os demais serão considerados como tratamentos na ausência de Mn. A aplicação do manganês (fonte: MnCl₂.4H₂O) ocorreu sete dias após a transferência das plântulas para a solução nutritiva.

Cinco dias após a aplicação de Mn adicionou-se, para todos os tratamentos, mais 1/4 da "força" da solução de micronutrientes. Dois dias depois, promoveu-se a avaliação da parte aérea das plantas nos tratamentos submetidos à presença de 6,0 mg/L de Mn. As variedades foram comparadas entre si e, de acordo com suas características visuais, receberam nota variando de 1 (menos afetadas pelo Mn) a 7 (muito afetadas pelo Mn).

Nove dias após a aplicação do Mn, as plantas foram colhidas, separadas em parte aérea e raízes, e postas para secar em estufa de ventilação forçada de ar a 72 °C, por 48 horas. Posteriormente, o material foi pesado, obtendo-se a produção de matéria seca da parte aérea (MSPA) e das raízes (MSR).

Para cada variedade calculou-se a Redução Relativa da Produção (RP) de acordo com a seguinte expressão:

$$RP(\%) = 100 - \left(\frac{\text{matéria seca na presença de Mn} \times 100}{\text{matéria seca na ausência de Mn}} \right)$$

obtendo-se a redução relativa da produção da MSPA (RPPA), da MSR (RPR) e da matéria seca total (RPT).

Com o auxílio do software Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas (SAEG 5.0) da UFV e com as variáveis qualitativa (nota) e quantitativas (RPPA, RPR e RPT), fez-se análise de agrupamento, na qual se estabeleceu previamente a formação de quatro grupos: G1 - tolerante; G2 - medianamente tolerante; G3 - medianamente sensível; e G4 - sensível. Utilizou-se o método hierárquico e aglomerativo de minimização da variância dentro do grupo e a distância euclidiana média.

Posteriormente, em 11 variedades representativas dos quatro grupos foram determinados os teores e conteúdos de Mn na parte aérea e nas raízes.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação de 6,0 mg/L de Mn na solução nutritiva provocou o aparecimento de sintoma de toxidez (verificado cerca de 36 horas após a sua aplicação) e prejudicou o crescimento, em níveis variáveis, de todas as variedades de feijão. Tal comportamento pode ser verificado pelos valores de redução relativa da produção (Quadro 2). Os valores desta redução foram, em média, de 51,2% e 52,6% para as MSPA e MSR, respectivamente, sendo o coeficiente de correlação entre estas duas variáveis de $r = 0,518^{***}$ (significativo a 0,1%), evidenciando sensibilidade semelhante em ambas as partes da planta ao Mn. Esse fato já havia sido observado por NOGUEIRA *et alii.* (4), em trabalho com feijão-de-corda (*Vigna unguiculata* L.).

Verificaram-se, também, correlações significativas e positivas entre a variável qualitativa (nota) e as quantitativas (RPPA, RPR e RPT), sendo os coeficientes de correlação de: $r = 0,567^{***}$, $r = 0,480^{**}$ (significativo a 1,0%) e $r = 0,598^{***}$, respectivamente.

Pela diferenciação das notas atribuídas (Quadro 2), verifica-se que houve variação da severidade do sintoma de toxidez de Mn, evidenciando a existência de tolerância diferencial ao excesso desse elemento. Tal evidência é reforçada pelos valores de redução relativa da produção constantes no mesmo quadro, que variaram de 35,7% a 64,7% para MSPA e de 38,1% a 70,3% para MSR.

Como a RPT incorpora os efeitos do Mn na parte aérea e na raiz, os quais tiveram correlação significativa e positiva, escolheu-se a forma de agrupamento que levou em consideração a RPT e a nota. A RPT foi mais influente na alocação das variedades em determinado grupo, dada sua maior magnitude de escala. O agrupamento e a distribuição das variedades podem ser visualizados na Figura 1.

QUADRO 2 - Matéria seca da parte aérea (MSPA) e das raízes (MSR) na presença de Mn (6,0 mg/L) e na sua ausência ("0" mg/L), reduções relativas das produções (RPPA, RPR e RPT) e nota atribuída para cada variedade de feijão. Média de quatro plantas

Variedade n° registro	----- MSPA -----		----- MSR -----		RPPA	RPR	RPT	Nota
	0 mg/L	6 mg/L	0 mg/L	6 mg/L				
	-----g pl ⁻¹ -----		-----g pl ⁻¹ -----		------(%)-----			
1030	###	0,53	###	0,15	—	—	—	7
1732	0,98	0,49	0,33	0,17	49,9	46,9	49,1	4
1735	1,23	0,69	0,35	0,19	43,6	44,6	43,8	2
1919	1,17	0,43	0,27	0,14	63,5	46,7	60,3	3
1923	1,13	0,52	0,32	0,16	54,3	49,6	53,3	5
1958	1,20	0,69	0,42	0,22	42,2	47,9	43,7	2
1959	0,96	0,47	0,21	0,13	50,4	38,1	48,2	6
1962	0,91	0,42	0,37	0,11	53,7	70,3	58,5	6
1992	1,27	0,61	0,33	0,17	51,7	48,9	51,1	2
2041	1,07	0,58	0,35	0,19	45,8	45,0	45,6	2
2043	1,20	0,52	0,39	0,18	56,6	54,1	56,0	5
2045	1,01	0,46	0,30	0,14	54,8	54,5	54,8	3
2048	0,95	0,46	0,36	0,14	51,6	60,8	54,1	6
2049	1,11	0,46	0,29	0,13	59,2	55,9	58,5	3
2050	0,96	0,46	0,38	0,15	52,1	59,9	54,3	3
2059	0,81	0,42	0,34	0,14	48,1	58,7	51,3	3
2104	0,85	0,55	0,29	0,17	35,7	39,1	36,5	5
2119	1,18	0,41	0,30	0,13	64,7	57,4	63,2	7
2128	1,14	0,57	0,36	0,16	50,1	56,2	51,6	4
2135	0,90	0,42	0,32	0,15	53,1	53,1	53,1	5
2136	0,74	0,31	0,25	0,11	58,1	54,5	57,2	4
2137	0,90	0,36	0,30	0,13	60,0	58,3	59,6	7
2138	1,04	0,41	0,32	0,15	60,4	54,3	59,0	6
2141	0,95	0,51	0,35	0,17	46,2	52,8	48,0	4
2142	0,85	0,38	0,28	0,12	56,1	57,3	56,4	6
2157	0,98	0,49	0,41	0,17	50,4	56,8	52,3	6
2159	0,96	0,54	0,30	0,13	44,2	58,2	47,5	5
2162	1,03	0,51	0,34	0,15	50,2	54,8	51,4	5
2164	1,03	0,55	0,40	0,21	46,8	47,2	46,9	3
2166	1,00	0,58	0,32	0,19	42,1	38,9	41,4	2
2167	0,90	0,52	0,30	0,17	42,2	42,0	42,2	3
2169	1,20	0,74	0,33	0,18	38,0	44,6	39,4	1
2170	1,23	0,55	0,38	0,14	55,5	61,8	57,0	7
2171	0,96	0,53	0,37	0,19	45,3	49,0	46,3	3
2172	1,07	0,47	0,30	0,15	56,6	50,4	55,3	6
2174	1,08	0,58	0,45	0,18	46,1	59,4	50,0	2
2175	1,14	0,44	0,38	0,14	61,2	61,3	61,3	7
2176	0,98	0,45	0,33	0,14	54,6	57,7	55,4	7
Média	1,03	0,50	0,33	0,16	51,2	52,6	51,7	4,4
C.V. (%)	12,7	18,3	14,6	17,0	13,7	13,8	12,5	41,5

Material perdido.

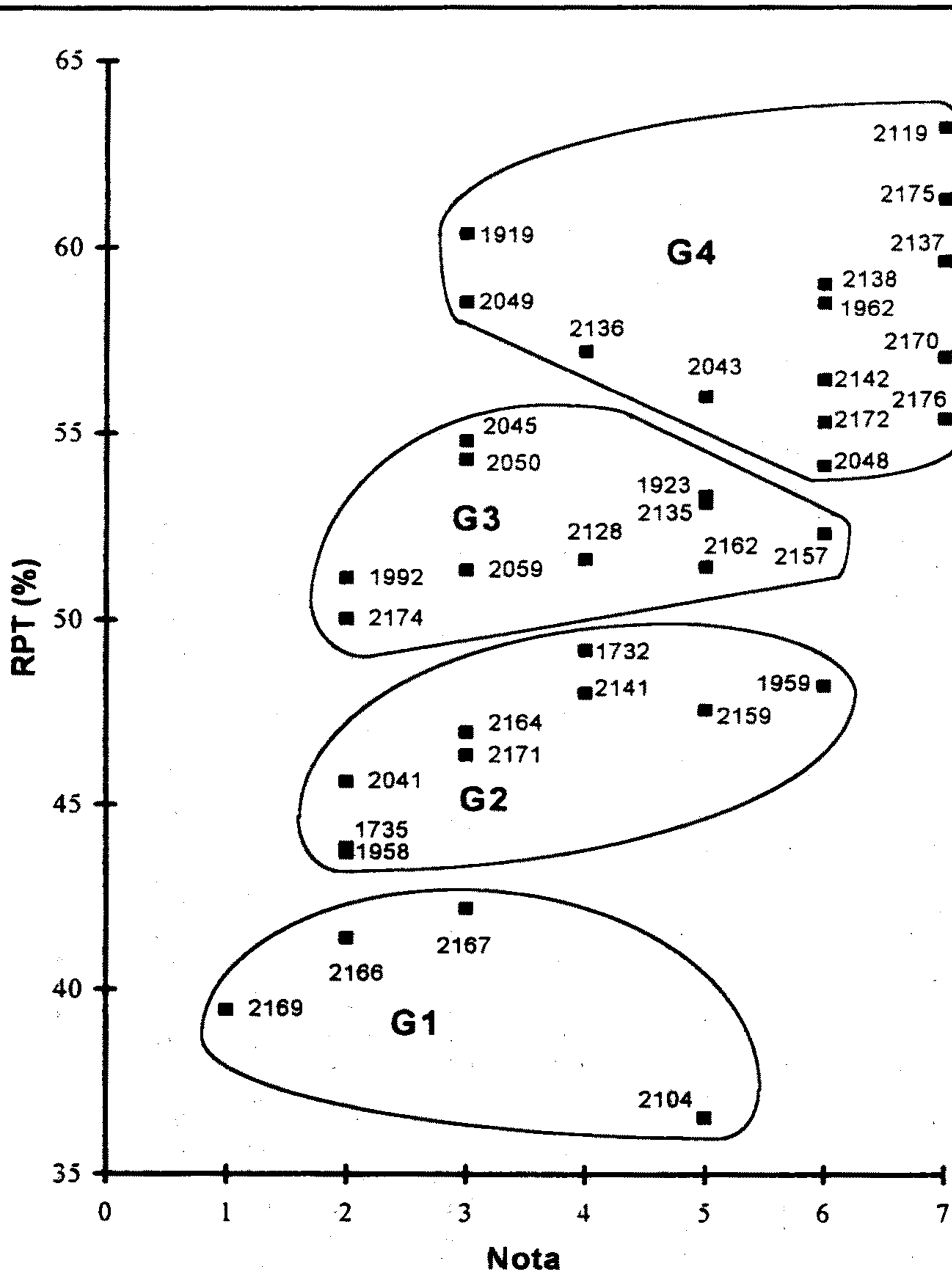


FIGURA 1 - Agrupamento de 37 variedades de feijão quanto à tolerância ao Mn, em relação à nota atribuída e à redução da produção total (RPT), pelo método de minimização da variância dentro do grupo, sendo utilizada a distância euclidiana média: G1 - tolerante, G2 - medianamente tolerante, G3 - medianamente sensível e G4 - sensível

Os teores e conteúdos de Mn, determinados para 11 variedades representativas dos quatros grupos, foram, em geral, maiores na parte aérea que nas raízes, tanto na ausência como na presença de 6,0 mg/L de Mn em solução nutritiva (Quadro 3). É interessante observar que as variedades analisadas diferenciaram-se mais quanto ao teor e conteúdo de Mn nas raízes do que na parte aérea, diferenciação que foi ainda maior na presença que na ausência de Mn, como mostrado pelos valores dos coeficientes de variação constantes do Quadro 3.

eram sensíveis quando apresentavam baixos teores desse elemento nas folhas, enquanto as tolerantes apresentavam teores mais elevados.

Para o conjunto das plantas que recebeu a adição de 6,0 mg/L de Mn, o teor deste elemento na parte aérea e também nas raízes seguiu, de modo geral, a tendência observada por KOHNO e FOY (3), contudo as correlações com as variáveis que avaliaram o efeito do Mn (reduções

QUADRO 3 - Teor (TMn) e conteúdo de Mn (CMn) na parte aérea e nas raízes de 11 variedades de feijão, na ausência e presença de 6,0 mg/L de Mn. Média de quatro plantas

Variedade nº registro	Ausência de Mn				Presença de Mn			
	Parte aérea		Raiz		Parte aérea		Raiz	
	TMn $\mu\text{g g}^{-1}$	CMn mg pl^{-1}	TMn $\mu\text{g g}^{-1}$	CMn mg pl^{-1}	TMn $\mu\text{g g}^{-1}$	CMn mg pl^{-1}	TMn $\mu\text{g g}^{-1}$	CMn mg pl^{-1}
1732	246	0,242	99	0,032	4918	2,422	2030	0,350
1735	202	0,248	108	0,038	3876	2,684	1308	0,252
1919	226	0,264	121	0,032	3513	1,502	1426	0,203
1923	213	0,240	135	0,044	4846	2,496	5075	0,825
1958	238	0,286	127	0,053	4720	3,280	3477	0,756
1992	182	0,232	214	0,071	5560	3,419	4596	0,781
2043	220	0,263	175	0,069	5185	2,696	2822	0,508
2137	272	0,245	113	0,034	4337	1,561	1450	0,181
2166	259	0,260	214	0,067	5366	3,112	3596	0,692
2169	253	0,304	164	0,054	3222	2,384	1817	0,327
2170	243	0,298	142	0,054	3174	1,730	2113	0,306
Média	232	0,262	146	0,050	4429	2,480	2701	0,471
C.V. (%)	11,4	9,3	27,5	29,9	19,4	26,7	48,8	52,8

relativas das produções da parte aérea e da raiz, nota atribuída e grupo alocado) não apresentaram significância nem a 10%.

Porém, o conteúdo de Mn na parte aérea (CMnPA) correlacionou-se, significativamente, com as variáveis RPPA, RPR, RPT, nota e grupo. Já o conteúdo desse elemento na raiz (CMnR) não apresentou a mesma significância, o que por sua vez contribuiu para diminuir a correlação do conteúdo de Mn total (CMnT) com as referidas variáveis (Quadro 4).

A variedade Carioca, uma das mais cultivadas no País, não foi agrupada porque seu material na ausência de Mn foi perdido, impossibilitando determinar a redução relativa de seu crescimento. Contudo, a nota que lhe foi atribuída parece indicar que ela seja sensível ao Mn.

QUADRO 4 - Coeficientes de correlação linear simples (r) entre conteúdo de Mn na parte aérea (CMnPA), na raiz (CMnR) e total (CMnT), de 11 variedades de feijão cultivadas com 6,0 mg/L de Mn na solução nutritiva, e algumas variáveis que refletem a diferenciação quanto à sensibilidade ao Mn: redução relativa da produção da parte aérea (RRPA), das raízes (RRR) e total (RRT), nota atribuída e grupo alocado

	RPPA	RPR	RPT	Nota	Grupo
CMnPA	- 0,638*	- 0,521*	- 0,657*	- 0,619*	- 0,564*
CMnR	- 0,289 ^{ns}	- 0,279 ^{ns}	- 0,307 ^{ns}	- 0,279 ^{ns}	- 0,265 ^{ns}
CMnT	- 0,567*	- 0,475 ^o	- 0,586*	- 0,550*	- 0,412 ^o

* e ^o significativo a 5% e 10% , respectivamente.

^{ns} não-significativo.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

Trinta e oito variedades de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) foram cultivadas em solução nutritiva, pH 5,2, com concentrações normal e excessiva de Mn (6,0 mg/L). Com base no aspecto visual da parte aérea, as plantas submetidas ao excesso de Mn receberam nota. Avaliou-se também a redução, causada pelo Mn, da produção de matéria seca da parte aérea e das raízes. Por meio de análise de agrupamento entre as variáveis "redução relativa da produção da matéria seca total" e "nota atribuída", as

variedades foram alocadas em quatro grupos quanto à tolerância ao Mn. Em 11 variedades representativas dos referidos grupos, determinaram-se os teores e os conteúdos de Mn na parte aérea e nas raízes. As variedades estudadas mostraram certo grau de sensibilidade e comportaram-se distintamente quanto à tolerância ao Mn em solução nutritiva, sendo assim distribuídas nos quatro grupos: tolerante (10,8%), medianamente tolerante (24,3%), medianamente sensível (27,0%) e sensível (37,9%). O sistema radicular das plantas foi afetado pelo Mn de maneira semelhante à parte aérea. O conteúdo de Mn na parte aérea das plantas submetidas ao excesso desse elemento apresentou correlação significativa com as variáveis utilizadas para avaliar seu efeito tóxico, evidenciando que as variedades de maior tolerância acumularam mais Mn na parte aérea.

5. SUMMARY

(SCREENING BEAN VARIETIES FOR MANGANESE TOLERANCE)

Thirty-eight bean varieties (*Phaseolus vulgaris* L.) were cultivated in nutrient solution, pH 5.2, with normal and excessive (6,0 mg/L) concentrations of manganese (Mn). Plants treated with excess Mn were graded according to the visual aspect of the shoot. The reduction of root and shoot production was also evaluated. Through cluster analysis of the variables "relative reduction of total dry matter weight" and "attributed grade", the varieties were allotted in four groups, according to their Mn tolerance. The content and absorbed quantity of Mn in the roots and shoot of 11 varieties were determined. The varieties showed different sensibility and behavior to Mn tolerance in nutrient solution, being classified in 4 groups: tolerant (10.8%), partially tolerant (24.3%), partially sensitive (27.0%), and sensitive (37.9%). The root and the shoot were similarly affected by Mn. The absorbed quantity of Mn in the shoot treated with excess of this element presented significant correlation with the variables used to evaluate its toxic effect, indicating that the varieties showing more tolerance accumulated more Mn in their shoot.

6. LITERATURA CITADA

1. ABREU, C. A. *Comparação de métodos para avaliar o manganês disponível de solos do estado de São Paulo*. Viçosa, UFV, Imprensa Universitária, 1992. 108 p. (Tese D.S.).

2. ANDREW, C. S. Screening tropical legumes for manganese tolerance. In: Wright, M. J. (ed.). *Plant adaptation to mineral stress in problem soils*. Ithaca, Cornell Univ., Agric. Exp. Station., 1976. p. 329-340.
3. KOHNO, Y. & FOY, C. D. Differential tolerance of bush bean cultivars to excess manganese in solution and sand culture. *Journal of Plant Nutrition* 6 (10): 877-893, 1983.
4. NOGUEIRA, O. L.; CRISÓSTOMO, L. A. & PAIVA, J. B. Deficiências de micronutrientes essenciais e toxidez de alumínio e manganês em feijão-de-corda. *Pesq. Agropec. Bras.* 17 (4): 559-563, 1982.
5. OLIVEIRA, I. P. & MALAVOLTA, E. Efeitos do alumínio e do manganês no feijoeiro. *Pesq. Agropec. Bras.* 17 (4): 549-557, 1982.
6. RUIZ, H. A.; HERKENHOFF FILHO, H. E. & BONICENHA, J. M. Proporções e concentrações de macronutrientes na formulação de soluções nutritivas específicas para culturas de interesse agrônômico. V. Feijão. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, 18^a, Guarapari - ES, 1988. Resumos, Vitória, SEAG - ES / EMCAPA / EMATER - ES / SBCS, 1988. p. 120 -121.
7. VIEIRA, R. F.; VIEIRA, C. & RAMOS, J. A. O. *Produção de sementes de feijão*. Viçosa, EPAMIG - UFV, Imprensa Universitária, 1993. 131 p.