

RESPOSTA DE QUATRO CULTIVARES DE FEIJÃO AO MANGANÊS EM SOLUÇÃO NUTRITIVA

RESPONSE OF FOUR COMMON BEAN CULTIVARS TO MANGANESE IN NUTRIENT SOLUTION

SORATTO, Rogério P.¹; SILVA, Tiago R. B. da²; BORGHI, Emerson³; SILVA, Laerte M. da³; ROSOLEM, Ciro A.⁴

- NOTA TÉCNICA -

RESUMO

A maioria dos solos brasileiros é ácida e apresenta, em algumas regiões, teor de manganês (Mn) em níveis tóxicos às plantas. Com a necessidade de aplicação superficial de corretivos, no sistema de plantio direto, o uso de cultivares de feijão tolerantes ao Mn torna-se alternativa interessante. O presente trabalho objetivou estudar o comportamento de quatro cultivares de feijão submetidas a diferentes concentrações de Mn em solução nutritiva. Para tanto, plantas de feijão das cultivares Carioca, IAC Carioca Eté, Pérola e FT Bonito, foram cultivadas em solução nutritiva que continha 0,5; 1,0; 2,0; 4,0 8,0 e 16,0 mg L⁻¹ de Mn. Não foi observado sintoma de deficiência, assim como de toxidez nas plantas. As quatro cultivares apresentaram resposta semelhante aos níveis de Mn, tanto em termos de produção de matéria seca como teor e quantidade de Mn acumulado, embora tenha havido uma tendência da 'Pérola' acumular menos Mn. As maiores concentrações de Mn na solução promove menor acúmulo do elemento nas plantas do cultivar Carioca. Altos níveis de Mn na solução nutritiva provocaram grande acúmulo do elemento nas plantas. Mesmo sem provocar sintomas severos, altos teores de Mn provocam redução na produção de matéria seca do feijão.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*, micronutriente, manganês, nutrição mineral, toxidez mineral.

O manganês tem importante papel no metabolismo das plantas, atuando em processos de ativação de diferentes enzimas, síntese de clorofila e fotossíntese (FAGERIA, 2001). A deficiência de manganês em feijão é caracterizada por enrugamento das folhas e murchamento. As plantas afetadas (< 30 mg kg⁻¹) ficam pequenas, com caules delgados de coloração verde-pálido e folhagem amarela. A formação de ramos não é inicialmente afetada, mas o caule pode cessar o crescimento se a deficiência persistir. Há redução na produção de flores, vagens e grãos (OLIVEIRA et al., 1996), o que acaba acarretando baixa produção.

Por outro lado, a toxicidade de alumínio ou de manganês são os fatores que mais limitam o desenvolvimento das plantas em solos ácidos (CARNEIRO et al., 2001). Ao contrário do alumínio, o manganês não parece afetar diretamente as raízes, mas, indiretamente, mediante dano provocado na parte aérea. Os sintomas de toxicidade de manganês nas plantas são mais pronunciados nas folhas do que nas raízes, embora haja variação acentuada entre as espécies cultivadas. Geralmente ocorrem clorose marginal e franzimento das folhas, clorose nas folhas mais novas semelhante à deficiência de ferro e manchas necróticas, principalmente nas folhas mais velhas (KOHNO & FOY,

1983b). Em situações de severa toxicidade, as raízes tornam-se de coloração castanha, porém esse sintoma geralmente ocorre quando a parte aérea já está bastante injuriada. Malavolta et al. (1980) encontravam nas folhas de plantas de feijão intoxicadas por Mn um teor de 897 mg kg⁻¹, enquanto as normais apresentavam 280 mg kg⁻¹.

Segundo FOY et al. (1978) o mecanismo de tolerância ao excesso de manganês está sob controle genético, havendo participação de um a quatro genes dependendo da espécie considerada. Os mesmos autores verificaram que os principais mecanismos relacionados com a tolerância ao excesso de manganês são: absorção quantitativa e velocidade de translocação, tolerância interna e interação com outros elementos.

De acordo com CAMARGO & OLIVEIRA (1983) e KOHNO & FOY (1983a) a maior tolerância de certas cultivares se deve, principalmente, à capacidade de suportar elevada concentração de manganês no interior das folhas e não à menor absorção desse elemento das soluções nutritivas. Assim, KOHNO & FOY (1983a) verificaram que cultivares de feijão sensíveis ao manganês apresentaram sintomas de toxidade com 334 mg kg⁻¹, enquanto as cultivares tolerantes demonstraram sintomas apenas com teor de 1253 mg kg⁻¹.

KOHNO et al. (1984) observaram o efeito da concentração de manganês em duas cultivares de feijão, sendo uma tolerante e uma sensível à toxidez, em solução nutritiva. Os autores concluíram que, na concentração de 1 mg L⁻¹ em solução, a cultivar sensível apresentou redução de 31% na massa da matéria seca total em comparação a plantas submetidas à concentração de 0,05 mg L⁻¹. Entretanto, nessas mesmas condições, a cultivar tolerante ('Green Lord') não apresentou decréscimo na produção de matéria seca.

A maioria dos solos brasileiros é ácida e apresenta altos teores de alumínio, e em algumas regiões, de manganês. Como o cultivo do feijão apresenta problemas em solos ácidos, devido a sua sensibilidade à toxidez de alumínio e de manganês, é de fundamental importância o controle da acidez do solo, reduzindo a toxidez causada por esses elementos (VIEIRA, 1976). Neste sentido, a calagem está entre as práticas mais econômicas e fundamentais para obtenção de altas produtividades (DOURADO NETO & FANCELLI, 2000). Porém, com a expansão do sistema plantio direto, a necessidade de aplicação na superfície do solo, sem incorporação (CAIRES et al., 1999), tem gerado questionamento quanto à sua eficiência (SÁ, 1995). Neste

¹ Eng. Agr., Prof. Adjunto, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), Unidade Universitária de Cassilândia, Rod. MS 306, km 6, CEP:79540-000, Cassilândia - MS, e-mail: soratto@uems.br

² Eng. Agr., Prof. Dr., Universidade Católica Dom Bosco, Av. Tamandaré, 6000, CEP: 79117-900, Campo Grande - MS, e-mail: benetoli@ucdb.br

³ Eng. Agr., M.Sc., Doutorando da Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA), Universidade Estadual Paulista (UNESP), Botucatu - SP, e-mail: borghi@fca.unesp.br; laertemarques@fca.unesp.br

⁴ Eng. Agr., Prof. Titular, Departamento de Produção Vegetal da FCA/UNESP, Botucatu - SP. Bolsista CNPq. e-mail: rosolem@fca.unesp.br

Recebido para publicação em 29/10/2003, Aprovado em 18/05/2005

caso, espera-se que a ação do calcário seja mais lenta e restrita às camadas superficiais do solo. Assim, no caso do sistema de plantio direto, o uso de cultivares de feijão que apresentem maior tolerância à toxidez de alumínio e de manganês torna-se alternativa importante na solução do problema. Além do que, segundo FOY (1976), em muitos casos, a escolha da cultivar ideal para um determinado solo pode ser mais viável economicamente do que a melhoria do solo para esta planta.

O presente trabalho teve como objetivo verificar o comportamento de quatro cultivares de feijão submetidas a diferentes concentrações de manganês em solução nutritiva.

O presente experimento foi conduzido em casa-de-vegetação, no Departamento de Produção Vegetal, da Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista - UNESP, Campus de Botucatu (SP), sendo instalado em setembro de 2002.

Sementes das cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) Carioca, IAC Carioca Eté, Pérola e FT Bonito foram submersas em hipoclorito de sódio a 5% durante 2 minutos, lavadas em água corrente e finalmente em água desmineralizada. A seguir, foram colocadas para germinar em caixas com areia lavada e receberam solução de sulfato de cálcio. Doze dias após a emergência, estando com a primeira folha trifoliolada aberta, as plantas foram selecionadas e transferidas para vasos plásticos de 4,2 L de capacidade, contendo solução nutritiva (Tabela 1), adaptada de KOHNO & FOY (1983b), diluída a 1/2. Foram colocadas oito plantas em cada vaso, sendo duas de cada cultivar.

Tabela 1 - Composição da solução estoque e da solução nutritiva utilizadas no experimento.

Fonte	Solução estoque mol L ⁻¹	Solução Nutritiva mL L ⁻¹
KNO ₃	1	6
Ca(NO ₃) ₂ .4H ₂ O	1	4
MgSO ₄ .7H ₂ O	1	2
NH ₄ H ₂ PO ₄	1	1
	mmol L ⁻¹	
Fe-EDTA	40	0,8
H ₃ BO ₃	25	0,8
ZnCl ₂	2	0,8
CuCl ₂ .2H ₂ O	0,5	0,8
(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄	0,086	0,8
MnCl ₂ .4H ₂ O T1 ⁽¹⁾	9	1
MnCl ₂ .4H ₂ O T2	9	2
MnCl ₂ .4H ₂ O T3	9	4
MnCl ₂ .4H ₂ O T4	9	8
MnCl ₂ .4H ₂ O T5	9	16
MnCl ₂ .4H ₂ O T6	9	32

⁽¹⁾Tratamentos com níveis de Mn.

A solução nutritiva, preparada com água desmineralizada, foi continuamente arejada através de tubos plásticos conectados a um compressor de ar e renovada a cada dez dias (DANTAS et al., 1979). Sempre que necessário, o volume da solução dos vasos foi completado com água desmineralizada. O controle do pH da solução foi feito na instalação do experimento e monitorado a cada 2 dias, sendo

corrigido para 5,8 adicionando-se NaOH 0,1 mol L⁻¹ sempre que necessário.

Os tratamentos com manganês iniciaram-se quando as plantas foram levadas às caixas, utilizando-se os níveis de 0,5; 1; 2; 4; 8 e 16 mg L⁻¹ de Mn na solução nutritiva. O delineamento experimental foi de blocos casualizados, em esquema de parcela subdividida, com os seis níveis de Mn constituindo as parcelas e as quatro cultivares as subparcelas, com quatro repetições.

Aos 35 dias após a emergência, quando encontravam-se no início do estágio R₅, (FERNANDEZ et al, 1986) as plantas foram retiradas das soluções, determinando-se o crescimento da raiz primária de cada planta, através do seu comprimento. A seguir foram lavadas e separadas em raiz, caule e folhas. O material foi embalado em sacos de papel e seco em estufa com ventilação forçada, a 70°C, durante 72 horas, sendo posteriormente pesado e moído. A seguir foram preparados extratos conforme MALAVOLTA et al. (1997) para determinação do teor de manganês por espectrofotometria de absorção atômica, após digestão nítrico-perclórica.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância, as médias de cultivares foram comparadas pelo teste t (DMS) no nível de 5% de probabilidade e os dados referentes aos níveis de manganês foram analisados mediante regressão polinomial.

Não foram observados sintomas de deficiência de Mn nas plantas de feijão. Mesmo com a menor concentração de Mn na solução (0,5 mg L⁻¹) as plantas apresentaram bom desenvolvimento e teores foliares na faixa considerada adequada, entre 30 e 300 mg kg⁻¹ (MALAVOLTA et al., 1997). Nos tratamentos com maiores concentrações de Mn na solução foi verificado amarelecimento interneral nas folhas, assemelhando-se aos sintomas de deficiência de magnésio (OLIVEIRA et al., 1996), pois o excesso de Mn pode inibir a absorção de alguns nutrientes, como o Mg e o Fe (MALAVOLTA et al., 1997).

Na Tabela 2 estão apresentados os valores do comprimento da raiz principal das cultivares de feijão. Nota-se que a 'FT Bonito' apresentou maior comprimento em comparação aos demais. O nível de Mn na solução não teve influência sobre o crescimento da raiz principal, independente da cultivar, indicando que o comprimento da raiz principal é intrínseco às características genéticas dos genótipos. Para MASCARENHAS et al. (1982), o comprimento de raiz de soja parece não constituir bom parâmetro indicador de tolerância ao Mn, uma vez que os autores não observaram diferenças de resposta entre cultivares, mesmo quando estas ocorreram na matéria seca e altura de plantas. Além de que o Mn parece não afetar diretamente as raízes e sim indiretamente, devido ao dano provocado na parte aérea (KOHNO & FOY, 1983b).

Com relação à produção de matéria seca das plantas (Tabela 2), observa-se que houve diferença significativa entre as cultivares apenas, para as raízes, tendo a 'FT Bonito' apresentado maior produção de matéria seca, diferindo significativamente somente da 'Carioca'. SILVA (2002) observou maior produção de matéria seca de raízes para a 'FT Bonito' em comparação à 'Carioca' e 'Pérola', atribuindo tal efeito à relação entre comprimento e volume radicular, que também foi maior para esta cultivar.

Tabela 2 - Comprimento da raiz principal e matéria seca produzida por plantas de feijão em função da cultivar. Botucatu, SP, 2002.⁽¹⁾

Cultivares	Comp. Raiz Principal	M. S. Raiz	M. S. Caules	M. S. Folhas
	cm		g planta ⁻¹	
Carioca	31,35b	0,53b	0,82a	1,61a
IAC Carioca Eté	29,67b	0,59ab	0,96a	1,99a
Pérola	31,06b	0,55ab	0,99a	1,59a
FT Bonito	34,00a	0,62a	0,96a	1,69a
DMS (P=0,05)	2,2	0,08	0,19	0,42
CV(%)	12,0	24,7	34,6	42,2

⁽¹⁾Letras diferentes, nas colunas, indicam diferença significativa pelo teste DMS ($P < 0,05$).

Não houve interação significativa entre níveis de Mn na solução nutritiva e cultivares, indicando que existe semelhança entre os genótipos com relação à resposta ao nutriente. A produção de matéria seca de raízes, caules e folhas começou a diminuir a partir da concentração de 4 mg L⁻¹ de Mn na solução nutritiva (Figura 1), sendo que, na dose de 16 mg L⁻¹, foi provocada redução de aproximadamente 22% na produção de matéria seca de folhas em comparação com os demais tratamentos. Esta tendência também foi identificada para a produção de matéria seca de raízes e caules.

As plantas da cultivar Pérola apresentaram, de modo geral, menores teores de Mn em folhas, caules e raízes (Tabela 3 e Figura 2). Os maiores teores de Mn nas folhas foram encontrados nas plantas da cultivar Carioca. A cultivar Pérola apresentou menores teores de Mn nas folhas em comparação com as demais cultivares, principalmente, nas maiores concentrações de Mn na solução. O acúmulo de Mn nas plantas do que a 'Pérola' foi menor somente com relação à 'FT Bonito' (Tabela 3 e Figura 3).

Tabela 3 - Teores e quantidades de Mn por plantas de feijão em função da cultivar. Botucatu, SP, 2002.⁽¹⁾

Cultivares	Teor			Quantidade acumulada		
	Raiz	Caule	Folha	Raiz	Parte Aérea	Total
		mg kg ⁻¹			mg planta ⁻¹	
Carioca	2804,12ab	227,41a	588,91a	1,37ab	1,92a	3,37ab
IAC Carioca Eté	2904,83ab	194,50ab	565,67a	1,54ab	2,08a	3,58ab
Pérola	2486,83b	154,66b	497,50b	1,17b	1,54a	2,96b
FT Bonito	3008,42a	187,67ab	575,17a	1,75a	2,08a	3,92a
DMS (P=0,05)	502,13	44,45	56,50	0,41	0,55	0,81
CV(%)	30,9	40,20	17,5	48,4	49,6	40,2

⁽¹⁾Letras diferentes, nas colunas, indicam diferença significativa pelo teste DMS ($P < 0,05$).

A cultivar Carioca apresentou resposta quadrática no que se refere ao teor de Mn nas raízes em função de níveis de Mn na solução nutritiva, com aumento acentuado no teor do elemento até o nível de 8 mg L⁻¹, reduzindo a taxa de acréscimo para valores acima desta concentração. Na concentração de 16 mg L⁻¹ de Mn na solução, o teor de Mn nas raízes da 'Carioca' foi menor que nos demais cultivares (Figura 2a). Os menores teores de Mn nas raízes foram apresentados pela cultivar Pérola, em praticamente todos os níveis de Mn estudados. As cultivares IAC Carioca Eté e FT Bonito tiveram respostas lineares com o teor máximo chegando próximo a 8.000 mg kg⁻¹ nas raízes. Quanto a curva do teor de Mn no caule x concentração na solução nutritiva, apesar de haver pequenas diferenças de respostas entre as cultivares, em média houve resposta até a concentração de 16 mg L⁻¹, com o teor de Mn nos caules chegando a 610 mg kg⁻¹ (Figura 2b). Com relação ao teor de Mn nas folhas em função dos níveis na solução nutritiva (Figuras 2c), os cultivares apresentaram comportamentos semelhantes, havendo resposta quadrática.

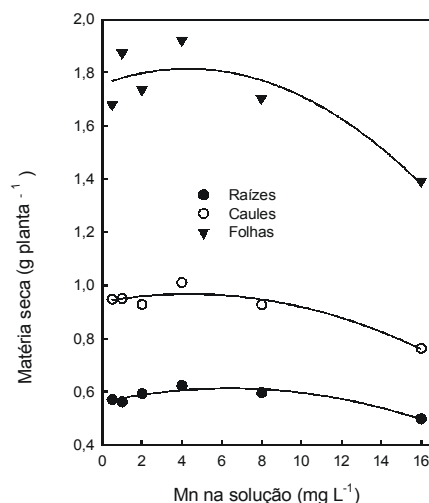


Figura 1- Matéria seca de plantas de feijão cultivadas em solução nutritiva em função de níveis de Mn na solução nutritiva. Botucatu, SP, 2002. Folhas: $y = 1,76 + 0,03x - 0,003x^2$, $R^2 = 0,79$; Caules: $y = 0,94 + 0,01x - 0,001x^2$, $R^2 = 0,91$; Raízes: $y = 0,56 + 0,02x - 0,001x^2$, $R^2 = 0,92$.

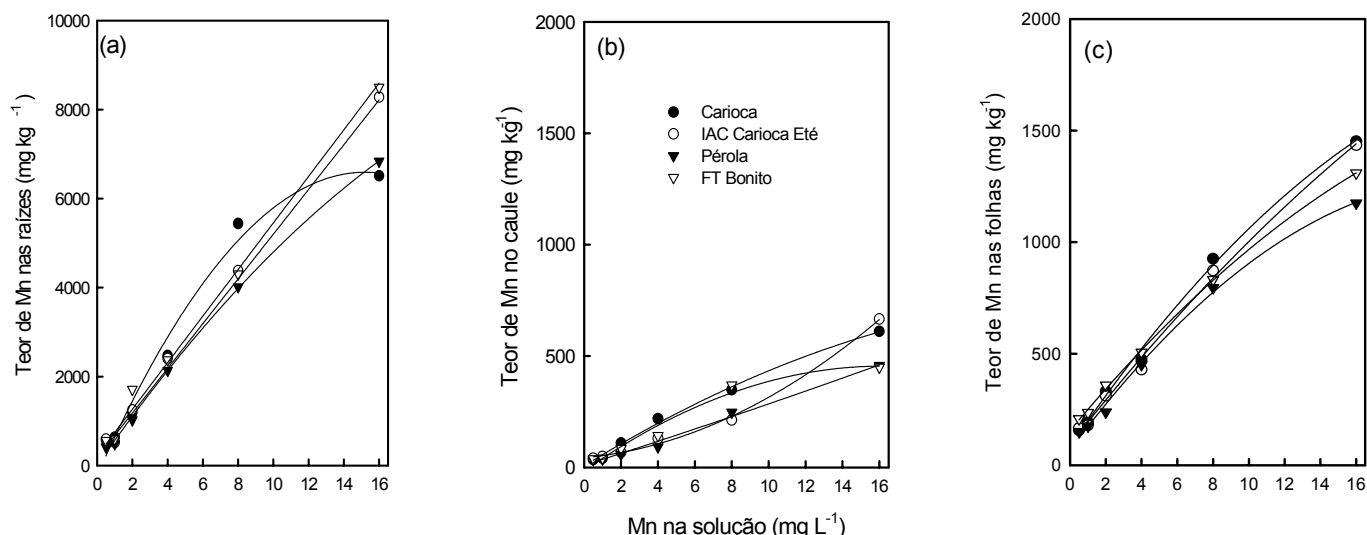


Figura 2 - Teores de manganês nas raízes (a), caules (b) e folhas (c) de cultivares de feijão em função de níveis Mn na solução nutritiva. Botucatu, SP, 2002. **Raiz:** Carioca: $y = -227,19 + 896,50x - 29,46x^2$, $R^2 = 0,98$; IAC Carioca Eté: $y = 203,75 + 520,24x$, $R^2 = 0,99$; Pérola: $y = 9,09 + 562,25x - 8,61x^2$, $R^2 = 0,99^{**}$; FT Bonito: $y = 219,01 + 523,59x$, $R^2 = 0,94$; **Caule:** Carioca: $y = 7,08 + 51,17x - 0,85x^2$, $R^2 = 0,99$; IAC Carioca Eté: $y = 43,42 + 7,82x + 1,93x^2$, $R^2 = 0,99$; Pérola: $y = 9,48 + 26,58x + 0,10x^2$, $R^2 = 0,99$; FT Bonito: $y = -15,30 + 58,11x - 1,79x^2$, $R = 0,97$; **Folhas:** Carioca: $y = 85,34 + 117,32x - 1,97x^2$, $R^2 = 0,99$; IAC Carioca Eté: $y = 92,36 + 102,44x - 1,14x^2$, $R^2 = 0,99$; Pérola: $y = 68,87 + 107,29x + 2,37x^2$, $R^2 = 0,99$; FT Bonito: $y = -155,61 + 96,15x - 1,50x^2$, $R = 0,99$.

A tolerância de plantas a toxidez de Mn tem sido atribuída à reduzida absorção do elemento pelas raízes, à baixa translocação do excesso de Mn para a parte aérea da planta e/ou a grande tolerância a altos teores de Mn nos tecidos foliares (KOHNO & FOY, 1983b). Como observado por esses autores, no presente trabalho observou-se teores de Mn nas raízes cerca de 5 vezes maiores do que nas folhas e nos caules. Isto evidencia que a planta de feijão possui algum mecanismo regulador da translocação do nutriente em excesso da raiz para a parte aérea, notado nas cultivares estudadas, principalmente na 'Pérola', já que este apresentou os menores teores de Mn no caule e, principalmente, nas folhas.

No que se refere às quantidades de Mn acumuladas pelas plantas em função da concentração do elemento na solução nutritiva (Figura 3), nota-se aumento tanto nas raízes quanto nos caules e folhas. Porém, os acréscimos observados entre as concentrações de 8 e 16 mg L⁻¹ foram proporcionalmente menores do que os verificados abaixo deste intervalo, para todas as partes da planta, havendo inclusive decréscimo, no caso 'Carioca', em níveis de Mn na solução acima de 8 mg L⁻¹. Isso pode ser explicado pela diminuição da produção de matéria seca das plantas, com o aumento da concentração de Mn na solução nutritiva, principalmente a partir de 4 mg L⁻¹ (Figura 1).

Quando se considera a produção de matéria seca total (médias das cultivares) e o teor médio de Mn nas folhas, nota-se que a maior produção foi verificada quando as plantas apresentavam 552,9 mg kg⁻¹ de Mn nas folhas, valor esse obtido com a utilização de nível estimado de 5,6 mg L⁻¹ do nutriente na solução nutritiva (Figura 4). Por outro lado, com a utilização da menor dose (0,5 mg kg⁻¹) as plantas já apresentavam um teor de Mn nas folhas dentro da faixa preconizada como adequada por MALAVOLTA et al. (1997), o que foi suficiente para que as plantas produzissem uma quantidade de matéria seca superior a 90% da produção máxima estimada. Já com concentrações de Mn na solução maiores foram observados teores de Mn muito superiores à faixa considerada ótima. Porém, com a elevação do teor foliar de Mn para 1100 mg kg⁻¹ foi observado um decréscimo de aproximadamente 10% na produção de matéria seca, mostrando que mesmo uma grande variação nos teores de Mn nas folhas proporciona pequena redução na produção de matéria seca nas condições avaliadas. Indicativo dessa pouca influência de teores elevados de Mn na matéria seca tem sido verificada em feijão-de-corda, onde plantas apresentando sintomas de toxidez sofreram pouco efeito no seu crescimento (NOGUEIRA et al., 1982).

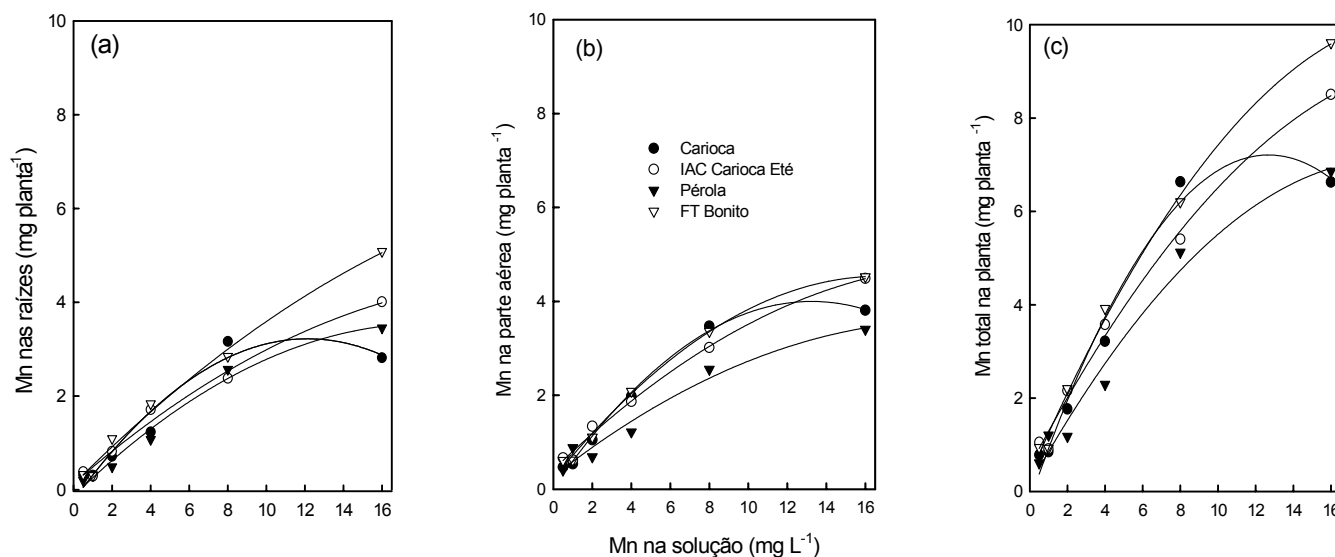


Figura 3 - Quantidades de manganês absorvidas por cultivares de feijão em função de níveis Mn na solução nutritiva. Botucatu, SP, 2002. **Raízes:** Carioca: $y = 0,0248 + 0,599x - 0,0226x^2$, $R^2 = 0,99$; IAC Carioca Eté: $y = 0,412 + 0,403x - 0,0093x^2$, $R^2 = 0,99$; Pérola: $y = 0,274 + 0,325x - 0,0079x^2$, $R^2 = 0,96$; FT Bonito: $y = 0,226 + 0,513x - 0,015x^2$, $R^2 = 0,99$; **Parte Aérea:** Carioca: $y = -0,227 + 0,568x - 0,2023x^2$, $R^2 = 0,95$; IAC Carioca Eté: $y = 0,132 + 0,359x - 0,0074x^2$, $R^2 = 0,98$; Pérola: $y = -0,13 + 0,399x - 0,0109x^2$, $R^2 = 0,98$; FT Bonito: $y = 0,121 + 0,41x - 0,0064x^2$, $R = 0,98$; **Total:** Carioca: $y = -0,202 + 1,168x - 0,046x^2$, $R^2 = 0,98$; IAC Carioca Eté: $y = 0,542 + 0,764x - 0,0163x^2$, $R^2 = 0,99$; Pérola: $y = 0,145 + 0,724x - 0,0188x^2$, $R^2 = 0,98$; FT Bonito: $y = 0,347 + 0,924x - 0,0216x^2$, $R = 0,99$.

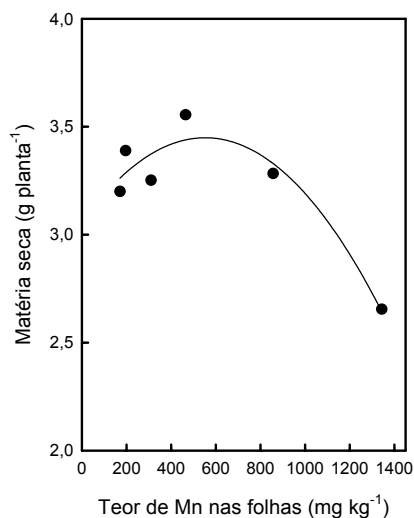


Figura 4 - Produção de matéria seca de plantas de feijão cultivadas em solução nutritiva em função da concentração de manganês nas folhas. Botucatu, SP, 2002. $y = 3,06 + 0,00141x - 0,00000128x^2$, $R^2 = 0,90$.

As altas temperaturas que ocorreram dentro da casa de vegetação durante a condução do experimento, podem ser uma explicação para os pequenos decréscimos de produção de matéria seca das plantas, mesmo com teores de Mn nas

folhas considerados altos. Na cultura da soja, temperaturas elevadas (acima de 30°C) provocam aumentos nos teores de Mn nas raízes e parte aérea, porém, com efeito de toxidez muito pequeno (HEENAN & CARTER, 1977; MASCARENHAS et al., 1985).

Para as condições em que foi realizado o experimento é possível concluir que: as cultivares estudadas apresentam resposta semelhante, quanto a produção de matéria seca, aos níveis de Mn na solução nutritiva; a cultivar Pérola acumulou menos Mn; as maiores concentrações de Mn na solução promove menor acúmulo do elemento nas plantas do cultivar Carioca; altos níveis de Mn na solução nutritiva provocaram grande acúmulo do elemento nas plantas, afetando a produção de matéria seca, mesmo sem proporcionar o aparecimento de sintomas severos de toxicidade.

ABSTRACT

Most of Brazilian soils is acid and in some regions manganese (Mn) content is high and toxic to crop plants. In no-till systems lime has been applied at soil surface and amelioration in subsoil is poor. The use of common bean cultivars tolerant to Mn toxicity is an interesting alternative in this condition. An experiment was conducted to evaluate the differential response of four common bean cultivars to Mn levels. Plants of cultivars Carioca, IAC Carioca Eté, Pérola and FT Bonito were grown in nutrient solutions with 0.5, 1.0, 2.0, 4.0, 8.0, and 16.0 mg L⁻¹ of Mn. No symptoms of Mn deficiency or toxicity were observed and all of the cultivars had similar response to Mn levels in the nutrient solution. The 'Pérola' accumulated less Mn in the plant than the other cultivars. The higher Mn levels in the nutrient solution promote less Mn accumulation in 'Carioca' plants. High Mn levels in the nutrient solution increased Mn accumulation by plants and decreased dry matter yields in the four bean cultivars.

Key words: *Phaseolus vulgaris*, micronutrient, mineral nutrition, mineral deficiency, mineral toxicity.

REFERÊNCIAS

- CAIRES, E.F.; FONSECA, A.F.; MENDES, J.; CHUEIRI, W.; MADRUGA, E.F. Produção de milho, trigo e soja em função das alterações das características químicas do solo pela aplicação de calcário e gesso na superfície, em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, n.2, p.315-327, 1999.
- CAMARGO, C.E.O.; OLIVEIRA, O.F. Tolerância de cultivares de trigo a diferentes níveis de manganês em solução nutritiva. **Bragantia**, Campinas, v.42, n.1, p.65-78, 1983.
- CARNEIRO, J.P.; VARENNES, A.; AMANTE, H. Manganese toxicity in three species of annual medicis. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.24, n.12, p.1957-1964, 2001.
- DANTAS, J.P. BERGAMIN FILHO, H. ; MALAVOLTA, E. Estudos sobre a nutrição mineral do feijão macassar (*Vigna sinensis* (L.) ENDL.): IV. Exigência de macro e micronutrientes. **Anais da ESALQ**, Piracicaba, v.36, n.3, p.425-433, 1979.
- DOURADO NETO, D.; FANCELLI, A.L. **Produção de feijão**. Guaíba: Agropecuária, 2000. p.386.
- FAGERIA, V.D. Nutrient interactions in crop plants. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.24, n.6, p.1269-1290, 2001.
- FERNANDEZ, F.; GEPTS, P.; LOPES, M. **Etapas de desarrollo de la planta de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)**. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1986. 34p.
- FOY, C.D. Differential aluminium and manganese tolerances of plant species and varieties soil acids. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v.28, n.2. p.150-155, 1976.
- FOY, C.D.; CHARNEY, R.L.; WHITE, M.C. The physiology of metal toxicity in plants. **Annual Review Plant Physiology**, v.29, p.511-566, 1978.
- HEENAN, D.P.; CARTER, O.G. Influence of temperature on expression of manganese toxicity by two soybeans varieties. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.47, n. 2, p.219-227, 1977.
- KOHNO, Y.; FOY, C.D. Differential tolerance of bush bean cultivars to excess manganese in solution and sand culture. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.6, n.10, p.877-893, 1983a.
- KOHNO, Y.; FOY, C.D. Manganese toxicity in bush bean as affected by concentration of manganese and iron in the nutrient solution. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.6, n.5, p.363-386, 1983b.
- KOHNO, Y.; FOY, C.D.; FLEMING, A.L.; KRIZEK, D.T. Effect of Mn concentration on the growth and distribution of Mn and Fe in two bush bean cultivars grown in solution culture. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.7, n.1-5, p.547-566, 1984.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2 ed. Piracicaba: Potafós, 1997. 319p.
- MASCARENHAS, H.A.A.; CAMARGO, L.E.O.; FALIVENE, S.M.P.; BULISANI, E. Tolerância da soja ao manganês em solução nutritiva em três temperaturas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 20., Belém, 1995. **Programa e Resumos...** Belém, Sociedade Brasileira de Ciência Solo, 1985. p.92.
- MASCARENHAS, H.A.A.; MIRANDA, M.A.C.; FURLANI, P.R.; BATAGLIA, O.C. Comportamento de três cultivares de soja em diversos níveis de manganês em solução nutritiva. **Bragantia**, Campinas, v. 41, p.225-230, 1982.
- NOGUEIRA, O.L.; CRISÓSTOMO, L.A.; PAIVA, J.G. Deficiência de micronutrientes essenciais e toxidez de alumínio e manganês em feijão-de-corda. I - Sintomas visuais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.17, n.4, p.559-563, 1982.
- OLIVEIRA, I.P.; ARAÚJO, R.S.; DUTRA, L.G. Nutrição mineral e fixação biológica de nitrogênio. In: ARAUJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, L.F.; ZIMMERMANN, M.J.O. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafós, 1996. p.199-200.
- SÁ, J.C.M. Calagem em solos sob plantio direto da Região dos Campos gerais, Centro Sul do Paraná. In: SÁ, J.C.M. (Coord.) **Curso sobre o manejo do solo no sistema de plantio direto**. Castro: Fundação ABC, 1995. p.73-107.
- SILVA, L.M. **Crescimento radicular e nutrição mineral de cultivares de feijão em resposta à calagem**. Botucatu, 2002, 70f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.
- VIEIRA, C. **Cultura do feijão**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1976. 120p.