

Efeito de doses de manganês no desenvolvimento de feijão-caupi

Marcelo Almeida Mota^{1†}, Gilberto Coutinho Machado Filho^{1*}, Weslany Silva Rocha¹, Fabiano Rocha da Silva¹ e Manoel Mota dos Santos¹

¹Departamento da Pós-Graduação em Produção Vegetal, Universidade Federal do Tocantins, Gurupi, Tocantins, Brasil. *Autor para correspondência: coutinhagro@hotmail.com

Resumo - O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.) é uma leguminosa de importância, principalmente, para as regiões Norte e Nordeste do país onde é a base da alimentação de muitas famílias. Portanto, estudos são necessários para que se aumente a produtividade e a rentabilidade da cultura. O manganês é um micronutriente essencial para as plantas, com isso avaliou-se o desenvolvimento de caupi em função de diferentes doses de manganês (Mn^{2+}). O experimento foi conduzido na Universidade Federal do Tocantins, Campus Gurupi. As doses de manganês foram aplicadas via foliar, aos 15 dias após a emergência (DAE), 0; 100; 200; 300; 400 e 500 g ha⁻¹ de Mn^{2+} . Aos 47 DAE, foram avaliados número de folhas viáveis, diâmetro de caule, tamanho de parte aérea e tamanho de raiz, e após a secagem do material foi avaliado o peso de massa seca de parte aérea e peso de massa seca de raiz. Para número de folhas viáveis, diâmetro de caule, massa seca de parte aérea e massa seca de raiz houve resposta positiva em consequência do aumento das doses de manganês, exceto para a dose de 200 g ha⁻¹ que proporcionou os menores valores médios para a maioria das características avaliadas. Para comprimento de raiz, houve um decréscimo no comprimento das raízes com o aumento das doses de manganês.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata*, adubação, micronutriente.

Effect of manganese doses on the development of cowpea

Abstract - Cowpea crop (*Vigna unguiculata* L. Walp.) has a great importance, particularly in North and Northeast of Brazil, where it is the main source food to many families. Studies are required for productivity increase and crop profitability. Manganese is an essential micronutrient for plants, thereby this study objected to evaluate cowpea development under different doses of manganese (Mn^{2+}). The experiment was carried out at Universidade Federal do Tocantins, Gurupi Campus, Brazil. Manganese doses were applied by foliar application at 15th day after plant emergence (DAE), in five doses (0, 100, 200, 300, 400 and 500 g ha⁻¹ Mn^{2+}). At 47th DAE were evaluated, the number of viable leaves, stem diameter, aerial part length and root length, and after the drying of the material was evaluated dry aerial part weight and root dry weight. For number of viable leaves, stem diameter, dry aerial part weight and root dry weight there were positive response by manganese doses increase, except for the dose of 200 g ha⁻¹ that had the lowest average for most the characteristics evaluated. For root length, there was a decrease in the root length by increasing of manganese doses applied.

Keywords: *Vigna unguiculata*, fertilizing, micronutrient.

Introdução

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) é uma leguminosa que pertence à classe Dicotyledoneae, ordem Fabales, família Fabaceae, subfamília Faboideae, tribo Phaseoleae, subtribo Phaseolinae, gênero *Vigna* e a espécie *Vigna unguiculata*. É uma planta herbácea, autógama e anual, cuja região de origem mais provável é a parte oeste e central da África. É uma das leguminosas mais bem adaptadas, versátil e nutritiva entre as espécies cultivadas, sendo um importante alimento e componente fundamental dos sistemas de produção nas regiões secas dos trópicos, cobrindo parte da Ásia, Estados Unidos, Oriente Médio e Américas Central e do Sul (Singh et al., 2002). Além disso, também é utilizado como forragem verde, feno, ensilagem, farinha para alimentação animal e, ainda, para a adubação verde e proteção do solo (Dutra e Teófilo, 2007).

No Brasil, o feijão-caupi é cultivado por agricultores nas regiões Norte e Nordeste, principalmente por sua adaptação a diferentes condições edafoclimáticas. Nessas regiões, essa cultura desempenha papel importante na alimentação e na geração de empregos para a população (Zilli et al., 2006). Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento o feijão-caupi tem cerca de 412 mil ha⁻¹ de área plantada em todo o Brasil, o Tocantins tem uma área plantada de 3,6 mil ha⁻¹, com uma produtividade média de 657 kg.ha⁻¹. O feijão-caupi contribui com aproximadamente 157,7 mil toneladas do feijão total (CONAB, 2016).

O cultivo do feijão-caupi está se expandindo para a região do Cerrado, das regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste, sendo incorporado aos arranjos produtivos como safrinha após as culturas da soja e arroz. No Cerrado, quando é cultivado em forma de safrinha, principalmente, o feijão-caupi apresenta custo de

produção bastante competitivo, fator que tem feito aumentar o interesse dos produtores pela cultura. E, além disso, a produção é de alta qualidade, possibilitando que o produto tenha boa aceitação por todos os integrantes de sua cadeia produtiva (Freire Filho et al., 2011).

Dentre as limitações de fertilidade impostas pelos solos em ambiente de cerrado está a deficiência de nutrientes. Entre os micronutrientes, o manganês (Mn^{2+}) é o elemento cuja deficiência tem sido detectada nesse ambiente, pela calagem excessiva (Pereira et al., 2001). Sanzonowicz (1995) considera crítico o nível de $5,0 \text{ mg dm}^{-3}$ de Mn (extrator Mehlich⁻¹), em amostras de solo com pH em água igual a 6,0. Conforme Fonseca et al. (2010), o Mn é o terceiro micronutrientes mais extraído pelo feijão-caupi.

O manganês (Mn^{2+}) tem papel importante no metabolismo das plantas, atuando como ativador de enzimas, síntese de clorofila e fotossíntese (Fageria, 2001). Também está relacionado à formação de lignina (Marschner, 2011).

A função mais bem definida do manganês é a da reação fotossintética pela qual o oxigênio (O_2) é produzido a partir da água. O sintoma principal da deficiência de manganês é a clorose entre as nervuras, associada ao desenvolvimento de pequenas manchas necróticas (Taiz e Zeiger, 2013).

As aplicações de Mn^{2+} nas suas diferentes formas de utilização proporcionaram aumentos significativos na produtividade e aumentaram o teor do elemento na cultura da soja (Mann et al., 2001).

Respostas da cultura a aplicação de manganês tem sido relatada na literatura, na qualidade fisiológica da semente em feijoeiro (Teixeira et al., 2005) e no teor e produtividade de cultivares de feijoeiro (Soratto et al., 2005).

Existe uma grande diversidade no uso dessa espécie, estudos são necessários para que se possa aumentar a produtividade e consequentemente aumentar a rentabilidade da cultura, o manganês é um micronutriente essencial para o desenvolvimento da planta, mesmo sendo necessário em pouca quantidade, ele é indispensável. Diante do exposto objetivou-se com este trabalho avaliar o desenvolvimento inicial do feijão-caupi em resposta a diferentes doses de manganês.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido, entre os meses de abril e junho de 2016, na Estação Experimental de Gurupi, em casa de vegetação, pertencente à Universidade Federal do Tocantins, localizada no município de Gurupi, Estado do Tocantins, situada nas coordenadas geográficas $11^\circ 46' 25.9''$ de latitude sul e $49^\circ 03' 06''$ de longitude oeste, numa altitude de 293 m, em solo do tipo Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico (EMBRAPA, 2013). As temperaturas, assim como a umidade relativa do ar (Figura 1) não foram fatores desfavoráveis para o desenvolvimento da cultura. Análise química e granulométrica do solo, na camada de 0-20 cm, está apresentada na (Tabela 1).

Tabela 1. Atributos químicos e físicos do solo

pH (CaCl)	P meh ----- mg dm^{-3}	S-SO ₄ ⁻² ----- mg dm^{-3}	K -----	Mg -----	Al -----	H+Al cmol _c dm^{-3}	SB -----	CT -----	Ct -----	V ----- (%)	m -----
4,8	4,8	10	0,12	0,9	0,3	0,00	3,40	1,32	4,72	28	0
B -----	Cu -----	Fe ----- mg dm^{-3}	Mn -----	Zn -----	Argila -----	Areia ----- g kg^{-1}	Silte -----				
0,1	0,7	22	1,0	0,3	310	640	50				

Fonte: Laboratório de análise de solos UFT

Foi fornecido adubação de base de 20 kg ha^{-1} de N com fonte ureia, 90 kg ha^{-1} P_2O_5 fonte superfosfato simples e 60 kg ha^{-1} K_2O fonte cloreto de potássio. As referidas doses de NPK foram calculadas de acordo com o volume de solo (2L) por vaso.

No trabalho foi utilizado o feijão-caupi cultivar Corujinha, que é uma cultivar com grãos de tegumento mosqueado cinza ou azulado (EMBRAPA, 2003). Esta cultivar também é muito utilizada por produtores, na região de Gurupi - TO, por obter características agrônomicas favoráveis, como boa adaptação as condições edafoclimáticas regionais e aceitação no mercado.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos completos casualizados, com cinco tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram: T₁- 0 g ha^{-1} (Testemunha), T₂- 100 g ha^{-1} , T₃- 200 g ha^{-1} , T₄- 300 g ha^{-1} , T₅ 400 g ha^{-1} . As doses de manganês na forma carbonato de manganês (15%) e densidade de 16,50 mL/L, com a dose recomendada de 250 a 500 mL do produto comercial por ha ($412,5 \text{ p.a. em g/L}$) foram aplicadas em uma única vez aos 16 dias após a emergência (DAE), utilizando um pulverizador costal com bico tipo cone com vazão de 320 L ha^{-1} , sendo diluídos 7,56 mL do produto comercial em 10 litros de água.

O preparo dos vasos com solo de uma área com histórico de cultivo de pastagem consistiu em peneirar o solo (peneira 4 mm de malha).

Foram semeadas cinco sementes por vaso, o desbaste ocorreu aos 12 DAE (dias após a emergência) deixando-se duas plantas por vaso. A irrigação foi manual, oferecendo água para as plantas até a capacidade de solo.

A avaliação ocorreu no estágio de florescimento aos 47 DAE, duas plantas de cada vaso, antes da colheita das plantas foi feita uma contagem da quantidade de folhas viáveis, a parte aérea das plantas foi destacada utilizando uma tesoura, e as raízes foram lavadas para a retirada do solo, após isso foi medido o diâmetro do caule com o uso de um parquímetro, medido o tamanho da parte aérea e o tamanho das raízes utilizando uma régua graduada, a parte aérea e as raízes foram acondicionadas em sacos de papel e levados para uma estufa de circulação forçada (65 a 70 °C) até o peso constante para avaliação da massa seca da parte aérea, massa seca das raízes.

A análise de variância foi realizada por meio do teste F, a 5% de probabilidade. E para a fonte de variação

doses de manganês aplicou-se também o teste de regressão e a seleção dos modelos foram baseadas na significância dos betas e no maior coeficiente de determinação (R^2), utilizando-se o programa computacional SISVAR (Ferreira, 2011). E para a elaboração dos gráficos foi utilizado o programa computacional SigmaPlot 10.0 (2007).

Resultados e Discussão

De acordo com os resultados da análise de variância (Tabela 1), observou-se significância para todas as características a 0,01% de probabilidade: folhas viáveis (FV), diâmetro de caule (DIA), altura de plantas (AP), comprimento de raiz (CR), massa seca parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR), evidenciando a interferência do manganês em todos os tratamentos. Os coeficientes de variações evidenciaram valores que estão na média (entre 0,74 e 10,79) mostrando que os dados experimentais obtiveram boa precisão experimental.

Tabela 2. Resumo da análise de variância das características folhas viáveis (FV), diâmetro de caule (DC), altura de plantas (AP), comprimento de raiz (CR), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), de feijão-caupi, submetidos a diferentes doses de manganês

Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios					
		FV	DC	AP	CR	MSPA	MSR
Doses de Mn	4	2,7812**	0,2432**	17,2682**	67,6882**	8,6154**	17,3575**
Blocos	3	0,4333	0,0020	0,2245	0,0553	0,0839	0,0350
Erro	12	0,3812	0,0032	0,1932	0,1365	0,0323	0,3747
CV (%)		3,34	1,17	1,14	0,74	2,87	10,79
Média		18,50	4,89	38,71	50,21	6,25	5,67

** significativo para $P \leq 0,01$ pelo teste F

Para número de folhas viáveis (FV) em função das doses de manganês (Figura 1), observa-se que a curva de regressão quadrática foi a que mais se ajustou às doses de manganês, sendo significativo a $p < 0,01\%$, com coeficiente de correlação de $R^2 = 52,10\%$. Demonstrando que o número de folhas aumentou quando se elevou as doses de manganês, exceto para o tratamento 3 (200 g ha^{-1}) em que houve diminuição da quantidade de folhas em plantas de feijão-caupi. A dose de 400 g ha^{-1} foi o que teve maior média com 19,38 folhas por planta e a menor média foi observada na dose de 200 g ha^{-1} que obteve 17,13 folhas por planta.

Segundo (Kirkby e Römheld, 2007), a deficiência de Mn prejudica a estrutura dos cloroplastos, afetando a fotossíntese, o que diminui o nível de carboidratos solúveis na planta. Como a reação à luz durante a fotossíntese é seriamente prejudicada sob deficiência de Mn, outras reações associadas ao transporte de elétrons também o são, como a fotofosforilação, a redução de CO_2 , de nitrito e de sulfito. O que pode ser o motivo da

menor quantidade de folhas observadas nos tratamentos com menor aplicação de Mn. Pois quanto menos Mn na parte aérea, menor será a capacidade de produção de folhas pelas plantas, devido à falta de carboidratos e devido também a inativação de alguns processos que dependem do Mn para ser bem desempenhados. Devido a isso as maiores doses apresentaram um maior número de folhas exceto a dose de 200 g ha^{-1} que pode ter havido a interferência de um fator externo que prejudicou o tratamento.

Para o diâmetro de caule (DC), em função das doses de manganês (Figura 2) observa-se que a curva de regressão quadrática foi a que mais se ajustou aos resultados obtidos, sendo significativo a $p < 0,01\%$, com coeficiente de correlação de $R^2 = 67,46\%$. O diâmetro aumentou de acordo com o aumento das doses. O tratamento 4 (300 g ha^{-1} de Mn^{2+}) obteve o maior diâmetro 5,15 mm de média em duas plantas de cada vaso, sendo a maior média para esta característica, ficando muito próximo dos valores encontrados para a

dose 400 g ha⁻¹ de Mn²⁺ com cerca de 5,17 mm de diâmetro. Isto pode indicar o efeito benéfico do aumento das doses de manganês para a cultura do feijão-caupi. O Mn desempenha papel fundamental na alongação celular, em situação de deficiência pode inibir a síntese de lipídeos ou metabólitos secundários, como o ácido giberélico e os isoprenóides (Malavolta et al., 1997). Então o que pode ter ocorrido foi que as menores doses não foram suficientes para suprir a demanda da planta por este elemento, desenvolvendo, assim, um quadro de deficiência nutricional de manganês, e como consequência desenvolvendo menos alongação celular e apresentando caules mais finos nas doses mais baixas de manganês. Já em doses maiores este quadro de deficiência não ocorreu, pelo contrário, houve nutrição vegetal adequada para esta cultura e desenvolvimento adequado das plantas.

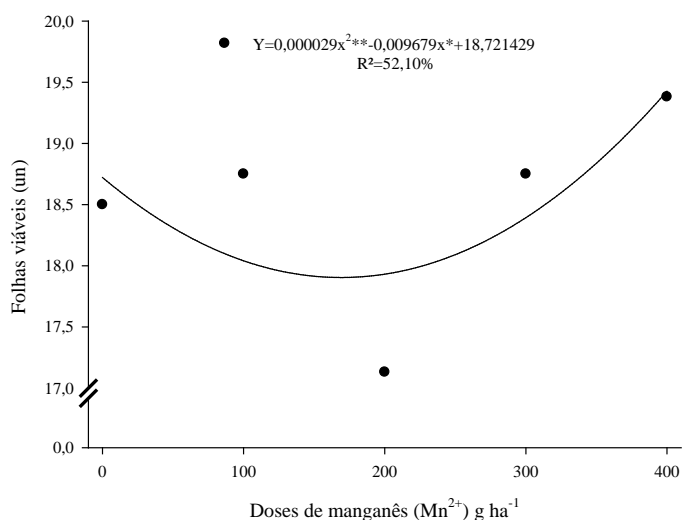


Figura 1. Número de folhas viáveis de feijão-caupi em função de doses de manganês (Mn²⁺)

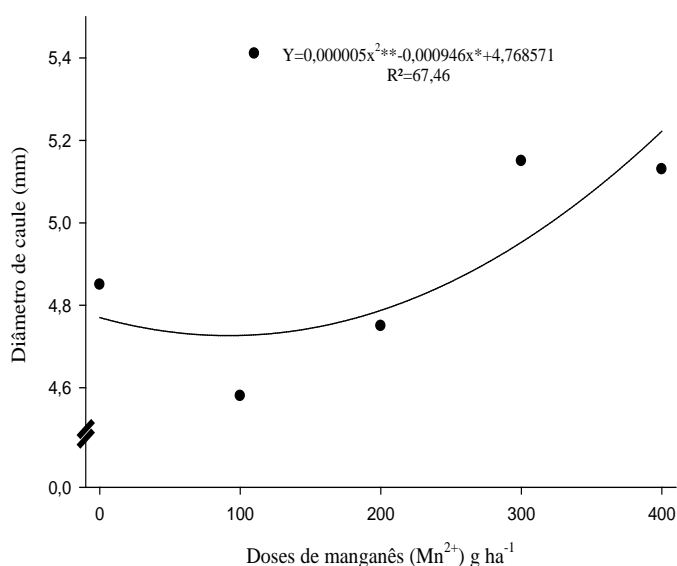


Figura 2. Diâmetro de caule de feijão-caupi em função de doses de manganês (Mn²⁺)

A dose menos eficiente para esta característica foi a de 100 g ha⁻¹ de Mn com 4,58 mm de diâmetro apresentando média inferior a testemunha (0 g ha⁻¹ de Mn²⁺). Isto pode ter ocorrido devido algum fator externo do experimento, que influenciou nas médias do tratamento que utilizou a dose de 100 g ha⁻¹ de Mn, deixando suas médias bem inferiores aos demais tratamentos, como por exemplo, ataque de insetos pragas como mosca minadora.

Para a característica altura de planta (AP), em função das doses de manganês (Figura 3) observa-se que a curva de regressão quadrática foi a que mais se ajustou aos resultados obtidos, sendo significativo a p < 0,01%, com coeficiente de correlação de R² = 36,21%.

Rosolem e Ferelli (2000) constataram que a deficiência de manganês diminui a altura das plantas de algodão, o que já havia sido notado em outros trabalhos (Ohki et al., 1979; Rosolem e Bastos, 1997). Diferindo do encontrado neste trabalho, pois a testemunha (0 g ha⁻¹ Mn²⁺) e a dose de 100 g ha⁻¹ Mn²⁺ obtiveram maiores médias de altura que as doses subsequentes, há exceção apenas a dose máxima aplicada de 400 g ha⁻¹ Mn²⁺. O que pode ter ocorrido, possivelmente, é que a planta sofreu dois tipos de estresse de manganês. Primeiro, a falta de manganês, ou seja, a planta teve que forçar seu crescimento tanto de parte aérea como de raízes para conseguir absorver mais nutrientes e suprir sua deficiência. Já em altas concentrações o manganês pode ter sido tóxico as plantas e então a mesma acelerou seu crescimento vegetativo, a fim de adiantar o período reprodutivo, como forma de proteção da espécie.

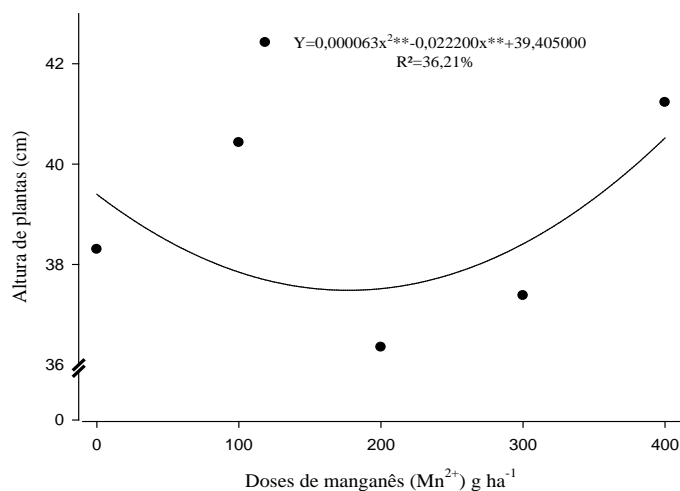


Figura 3. Altura de plantas de feijão-caupi em função de doses de manganês (Mn²⁺)

Para comprimento de raiz (CR) em função das doses de manganês (Figura 4), observa-se que a curva de regressão quadrática foi a que mais se ajustou aos resultados obtidos, sendo significativo (p < 0,01), com coeficiente de correlação de R² = 83,29%.

Houve resposta negativa para o aumento das doses de manganês com a diminuição do comprimento das raízes, a testemunha ($0 \text{ g ha}^{-1} \text{ Mn}^{2+}$) obteve o maior resultado para esta característica com média de 53,38 cm de raiz em duas plantas. Estes resultados corroboram com os resultados obtidos com Junior et al. (2008) em estudos feitos para a cultura da soja, com a medida em que se aumentou as doses de manganês o comprimento das raízes ficaram menores. Isto pode estar ligado a algum estresse nutricional moderado, quando em doses menores. Ou seja, quando se aplicou menores doses de manganês a planta sofreu estresse moderado, o que pode ter forçado o desenvolvimento de raízes. Já em doses mais altas a planta estava em consumo de luxo, ou seja, a demanda de manganês era igual ou menor que oferta deste, nesta situação a planta não precisou forçar o desenvolvimento das raízes em busca de nutrientes no solo. Ou os teores elevados de manganês foram tóxicos e prejudicaram o desenvolvimento das raízes.

Porém com o aumento nas doses de manganês foi notável o aumento das raízes secundárias.

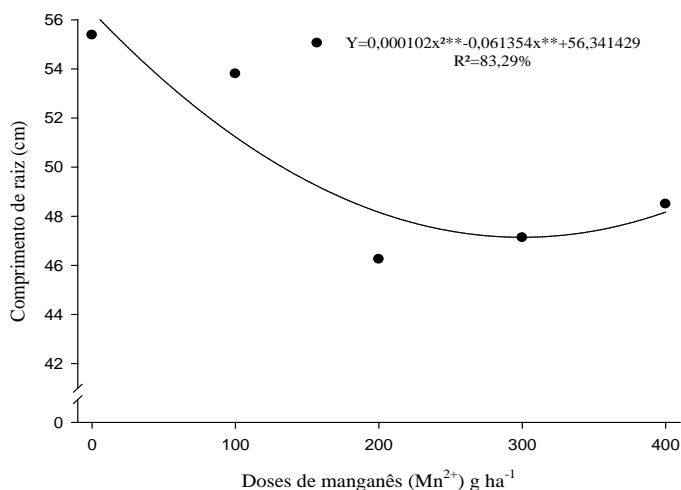


Figura 4. Comprimento de raiz de feijão-caupi em função de doses de manganês (Mn^{2+})

Para a variável massa seca parte aérea (MSPA) em função das doses de manganês (Figura 5), observa-se que a curva de regressão quadrática foi a que mais se ajustou aos resultados obtidos, sendo significativo $p < 0,01\%$, com coeficiente de correlação de $R^2 = 61,21$.

A resposta para o aumento na dose de manganês obteve resultados contrastantes, onde as menores médias foram observadas na testemunha ($0 \text{ g ha}^{-1} \text{ Mn}^{2+}$) até o tratamento 3 ($200 \text{ g ha}^{-1} \text{ Mn}^{2+}$) e após esta diminuição da massa seca da parte aérea na dose $200 \text{ g ha}^{-1} \text{ Mn}^{2+}$ houve aumento da parte vegetativa da planta de feijão-caupi. A dose de $400 \text{ g ha}^{-1} \text{ Mn}^{2+}$ obteve a maior média para esta característica com $7,60 \text{ g}$ de massa seca de parte aérea. O que demonstra que os teores de manganês na planta acabam por influenciar no crescimento e na qualidade das plantas. O que pode ter ocorrido possivelmente é que

a planta sofreu dois tipos de estresse de manganês. Primeiro, ocorreu a falta de manganês, ou seja, a planta teve que forçar seu crescimento tanto de parte aérea como de raízes para conseguir absorver mais nutrientes e suprir sua deficiência. Já em altas concentrações o manganês pode ter sido tóxico as plantas e então a mesma acelerou seu crescimento vegetativo, a fim de adiantar o período reprodutivo, como forma de proteção da espécie. Assim como o encontrado por Mingotte et al. (2011) para o capim-mombaça o aumento da dose de manganês promoveu incremento na massa seca da parte aérea. Resultado encontrado também por Silva et al. (2013) em experimento feito para capim-braquiária em Latossolo Vermelho distrófico.

Bastos (2004), testando fontes e doses de Mn na cultura do arroz, verificou efeito significativo da interação desses fatores na produção de massa seca da parte aérea.

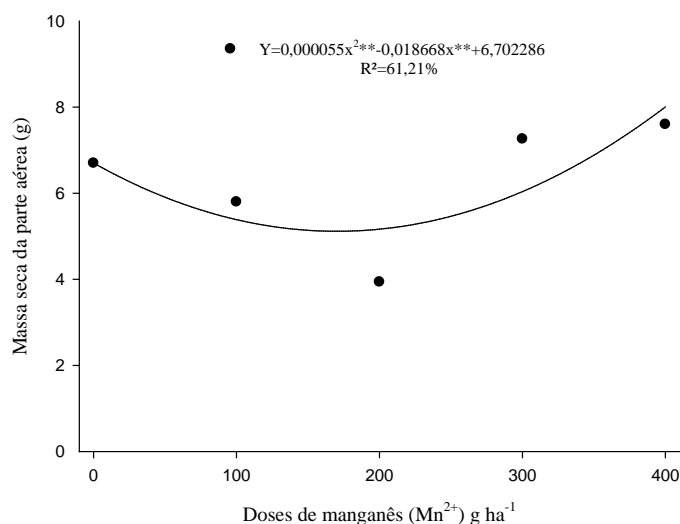


Figura 5. Massa seca da parte aérea de feijão-caupi em função de doses de manganês (Mn^{2+})

Para a variável massa seca das raízes (MSR) em função das doses de manganês (Figura 6), observa-se que a curva de regressão quadrática foi a que mais se ajustou aos resultados obtidos, sendo significativo ($p < 0,01$), com coeficiente de correlação de $R^2 = 85,71$.

Houve aumento da massa seca das raízes como consequência do aumento das doses de manganês, a dose de $400 \text{ g ha}^{-1} \text{ Mn}^{2+}$ apresentou maior média, aproximadamente $9,00 \text{ g}$ de massa seca raízes em duas plantas.

Estes dados corroboram com o encontrado por Chepote et al. (1984) para a cultura do guaraná, que verificam a diminuição na quantidade de matéria seca quando foi omitido manganês.

Sob condições de deficiência de manganês, leva-se à inibição da fotossíntese e, conseqüentemente, à diminuição na produção de exsudatos nas raízes, tornando-se assim mais susceptíveis à invasão de

patógenos pela raiz (Graham e Rovira, 2006). Plantas capazes de mobilizarem grandes quantidades de Mn^{2+} , que são tóxicas para os organismos patogênicos, mas não a elas na rizosfera, podem inibir diretamente a patogenicidade do ataque (Graham e Weeb, 1991).

O aumento da massa seca das raízes deve-se possivelmente ao grande número de nódulos, observados principalmente nos tratamentos que receberam as maiores doses de manganês, que pode ter sido fonte de nitrogênio para planta do feijão-caupi, ou seja, o manganês pode ter influenciado positivamente no aumento da nodulação das raízes com o rizóbio e com este nitrogênio a planta pôde se nutrir melhor e enviar exudados para o maior desenvolvimento das raízes.

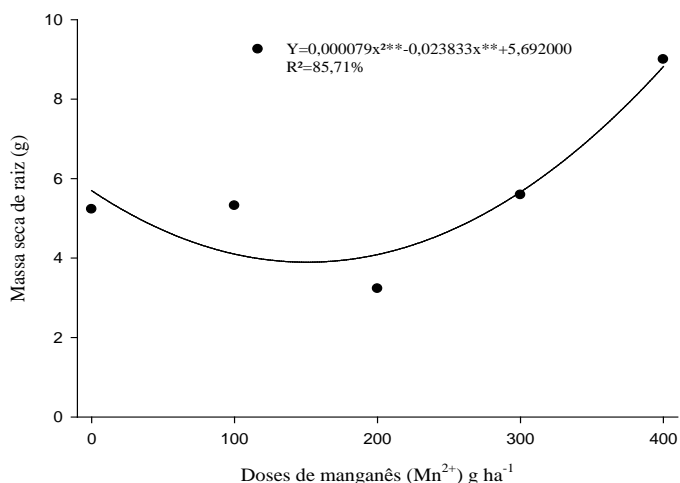


Figura 6. Massa seca de raiz de feijão-caupi em função de doses de manganês (Mn^{2+})

Conclusões

1. Para número de folhas viáveis, diâmetro de caule, peso da parte aérea e peso de raiz houve resposta positiva em função do aumento das doses de manganês, exceto para a dose de 200 g ha⁻¹ que proporcionou os menores valores médios para a maioria das características avaliadas.

2. Para comprimento de raiz, houve um decréscimo no comprimento das raízes com o aumento das doses de manganês.

Referências

BASTOS, A.R.R. **Avaliação da solubilidade de cobre e manganês em fertilizantes e da disponibilidade desses nutrientes a plantas de arroz.** 2004. 188p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

CHEPOTE, R.E.; SANTANA, M.B.M; SACRAMENTO, C. K. Sintomas de deficiências minerais em guaraná. **Revista Theobroma**, v.14, p. 305-312, 1984.

CONAB. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos, quarto levantamento.** Brasília, 152 p. Companhia Nacional de Abastecimento, 2016. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_01_12_14_17_16_boletim_graos_janeiro_2016.pdf. Acesso em: 28 abr. 2016.

DUTRA, A.S.; TEÓFILO, E.M. Envelhecimento acelerado para avaliar o vigor de sementes de feijão-caupi. **Revista Brasileira de sementes**, v. 29, n.1, p. 193-197, 2007.

Embrapa. **Cultivo de feijão-caupi: Cultivares.** Embrapa Meio-Norte, Teresina, 2 p. 2003. Disponível em: <https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/FeijaoCaupi/cultivares.htm>. Acesso em: 06 maio 2016.

Embrapa. 2013. Empresa brasileira de pesquisa agropecuária – **Embrapa Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos / DOS SANTOS, G. H...** [et al.]. 3 ed. Ver. Ampl. Brasília, DF: Embrapa, 353. p. 2013.

Embrapa. **Deficiências e toxicidades de nutrientes em plantas de soja, descrição dos sintomas e ilustração com fotos.** Londrina, 44p. (Embrapa Soja. Documentos, 231). 2004. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/63305/1/Documentos-231.pdf>. Acesso em: 11 jun. 2016.

EMBRAPA. **Micronutrientes.** Agência Embrapa de Informação Tecnológica, Brasília, DF, 1p. 2016. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/feijao/arvore/CONTAG01_20_237200483743.html. Acesso em: 11 jun. 2016.

FAGERIA, V.D. Nutrient interactions in crop plants. **Journal of plant nutrition**, v. 24, 1269-1290, 2001.

FERREIRA, D.F. SISVAR: a computer statistical analysis system. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, p. 1039-1042, 2011.

FONSECA, M.R.; FERNANDES, A.R.; SILVA, G.R. da; BRASIL, E.C. Teor e acúmulo de nutrientes por plantas de feijão-caupi em função do fósforo e da saturação por bases. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 53, p. 195-205. 2010.

FREIRE FILHO, F.R.; RIBEIRO, V.Q.; ROCHA, M.M.; SILVA E DAMASCENO, K.J.; ROCHA NOGUEIRA, M.S.; RODRIGUES, E.V. Introdução. In: FREIRE FILHO, F.R.; ROCHA NOGUEIRA, M.S. (Eds.). **Feijão-caupi no Brasil: produção, melhoramento genético, avanços e desafios.** Teresina: Embrapa Meio-Norte. p. 15-16. 2011.

- GRAHAM, R.D.; WEEB, M.J. Micronutrients and disease resistance and tolerance in plants. In: MORTVEDT, J. J.; COX, F.R.; SHUMAN, L.M.; WELCH, R.M. (Eds.). **Micronutrients in Agriculture**. Madison: Soil Science Society of America, Madison, p. 333–339, 1991.
- GRAHAM, R.D.; ROVIRA, A.D. A role for manganese in the resistance of wheat plants to take-all. In: HUMPHRIES, J.M.; STANGOULIS, J.C.R.; GRAHAM, R.D. (Ed.) **Manganese**. 12. Handbook of plant nutrition, p. 351-374, 2006.
- JUNIOR, L.J.; MORAES, F.M.; CABRAL, P.C.; MALAVOLTA, E. Influência genotípica na absorção e na toxidez de manganês em soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 173-181, 2008.
- KIRKBY, E.A.; RÖMHELD, V. **Micronutrientes na fisiologia de plantas: funções, absorção e mobilidade**. Encarte Técnico. International Plant Nutrition Institute. Informações Agronômicas, Piracicaba, 24p, 2007.
- MALAVOLTA, E. Adubação mineral e sua relação com doenças das plantas: a visão de um nutricionista de plantas. In: WORKSHOP - A interface solo-raiz (rizosfera) e relações com a disponibilidade de nutrientes, a nutrição e as doenças de plantas. Anais. Piracicaba. **POTAFOS/CEA**. p. 1-60, 1998.
- MANN, N.E.; REZENDE, M.P.; CARVALHO, G.J.; DONIZETI CÔRREA, J.B. Efeito da adubação com manganês, via solo e foliar em diferentes épocas na cultura da soja [*Glycine max* (L.) Merrill]. **Ciência e Agrotecnologia**. v. 25, p.264-273, 2001.
- MARSHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. **Academic Press**, v. 3, 672 p. 2011.
- MINGOTTE, C.L.F.; SANTOS, R.L.C.; PRADO, M.L.; FLORES, A.R.; TOGORO, H.A.; SILVA, S.A.J.; POLITI, S.L.; PINTO, S. A.; AQUINO, S.D. Manganês na nutrição e na produção de massa seca do capim-mombaça. **Bioscience Journal**, v. 27, p. 879-887, 2011.
- OHKI, K.; WILSON, D.O.; BOSWELL, F.C.; PARKER, M.B.; SHUMAN, L.L. Critical Mn deficiency level of soybean related to leaf position. **Agronomy Journal**, v. 71, 233-234, 1979.
- PEREIRA, G.D.; BERTONI, J.C; CARVALHO, J.G; MORAIS, A.R. Doses e modos de adubação com manganês e seus efeitos na produção. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p. 625-633. 2001.
- ROSOLEM, C.A.; BASTOS, G.B. Deficiências minerais no cultivar de algodão IAC 22. **Revista Bragantia**, v. 56, p. 377-387, 1997.
- ROSOLEM, C.A; FERELLI, L. Resposta diferencial de cultivares de algodão ao manganês em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 355-361, 2000.
- SANZONOWICZ, C. Deficiência de manganês em solos dos cerrados. In: YAMADA, T. ed. Informações agronômicas. **POTAFOS**, p.7. 1995.
- SIGMAPLOT. For windows, version 10.0. **Systat Software**, 2007.
- SILVA, R.T. R.; PRADO, M.R.; DAVALO, J.M.; SILVA, S.M.; MONTES, M.R.; BORGES NOGUEIRA, M.M.B. Manganês no crescimento e na produção de massa seca de capim-braquiária cultivado em Latossolo Vermelho distrófico. **Científica: Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, p. 94-98, 2013.
- SINGH, B.B.; EHLERS J.D.; SHARMA, B.; FREIRE FILHO, F.R. Recent progress in cowpea breeding. In: FATOKUN, C.A.; TARAWALI, S.A; SINGH, B.B.; KORMAWA, P.M.; TAMO, M. (Eds.). **Challenges and opportunities for enhancing sustainable cowpea production**. Ibadan: IITA, p. 22-40, 2002.
- SORATTO, R.P.; SILVA, T.R.B. da; BORGHI, E.; SILVA, L.M.; ROSOLEM, C.A. Resposta de quatro cultivares de feijão ao manganês em solução nutritiva. **Revista brasileira de Agrociência**, v. 11, p. 235-240, 2005.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. Nutrição Mineral. In: TAIZ, L.; ZEIGER, E. Nutrição Mineral. 5ed. In In: TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Porto alegre Artmed, p. 95-117, 2013.
- TEIXEIRA, I.R.; BOREM, A.; ARAÚJO, G.A. de A.; ANDRADE, M.J.B. Teores de nutrientes e qualidade fisiológica de sementes de feijão em resposta à adubação foliar com manganês e zinco. **Revista Bragantia**, v. 64, p. 83-88, 2005.
- ZILLI, J.E.; VALICHESKI, R.R.; RUMJANEK, N.G.; SIMÕES-ARAÚJO, J.L.; FREIRE FILHO, F.R.; NEVES, M.C.P. Eficiência simbiótica de estirpes de *Bradyrhizobium* isoladas de solo do Cerrado em caupi. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, p. 811-818, 2006.