

## RESPOSTA DO CAPIM-TANZÂNIA À APLICAÇÃO DE MANGANÊS

### RESPONSE TANZANIA GRASS TO APPLICATION OF MANGANESE

**Thiago de Barros SYLVESTRE<sup>1</sup>; Fernando KUHLEN<sup>1</sup>; Elcides Rodrigues da SILVA<sup>2</sup>; Paulo Eduardo Silva MARTINS<sup>2</sup>; Francine de Souza GALATTI<sup>3</sup>; Renato de Mello PRADO<sup>4</sup>**

1. Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Ciência do Solo, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, Jaboticabal, SP, Brasil. [thiagosylvestre@hotmail.com](mailto:thiagosylvestre@hotmail.com); 2. Professor Assistente do Centro Universitário de Patos de Minas -Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Ciência do Solo – UNESP, Jaboticabal, SP, Brasil.; 3. Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal – UNESP, Jaboticabal, SP, Brasil; 4. Professor Doutor, UNESP, Jaboticabal, SP, Brasil.

**RESUMO:** Objetivou-se avaliar a influência da aplicação de manganês no estado nutricional, no crescimento e na produção de matéria seca do capim-tanzânia. Para isto, utilizou-se plantas de *Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia cultivadas em vasos preenchidos com amostras de um Latossolo Vermelho distrófico ( $Mn=0,6 \text{ mg dm}^{-3}$ ). O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, constituído de doses de manganês (0, 15, 30, 60 e  $120 \text{ mg dm}^{-3}$ ) e quatro repetições. Foram realizados dois cortes, o primeiro após 42 dias da semeadura e, o segundo, 30 dias após o primeiro corte. Nos dois cortes foram avaliados número de folhas e perfilhos, diâmetro do colo, altura das plantas, matéria seca de parte aérea e teor de Mn na parte aérea e a matéria seca de raízes após o segundo corte. A aplicação do manganês no solo incrementou os teores desse micronutriente no solo e sua absorção pela forrageira, que foi mais de quatro vezes maior no segundo corte comparado ao primeiro corte. O emprego de altas doses de Mn não afetou o crescimento do capim-tanzânia, e diminuiu a produção de matéria seca apenas para soma dos dois cortes, indicando alta tolerância da forrageira a toxicidade de Mn. A toxicidade de Mn na forrageira esteve associada com teor foliar no primeiro e no segundo corte de 1.238 e  $1.418 \text{ mg kg}^{-1}$ , respectivamente.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Panicum maximum*. Gramínea. Forrageira. Adubação. Micronutriente.

### INTRODUÇÃO

O capim-tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia) tem-se destacado entre as forrageiras em razão da alta capacidade de suportar períodos de seca e pela notável adaptação a diferentes tipos de solo e clima brasileiros (LIMA, 2009). Além de apresentar elevado potencial de produção anual ( $33 \text{ t ha}^{-1}$  de matéria seca total e  $26 \text{ t ha}^{-1}$  de matéria seca de folhas) e bom valor nutritivo, podendo atingir de 8 a 12% de proteína bruta em folhas e em hastes (BRANCIO et al., 2003; SANTOS; COSTA, 2006).

A acidificação de solos das regiões tropicais, que é caracterizado por baixa fertilidade, compromete a produtividade das pastagens e, conseqüentemente, influencia na atividade pecuarista, principalmente em regiões de criação extensiva, onde a pastagem se torna a única fonte alimentar (BROSSARD; BARCELOS, 2005). Segundo Prado (2008), em áreas de forrageira degradadas, com solos de reação ácida, ou seja, com pH baixo, pode conter concentração de elementos tóxicos, como Al e alta concentração de Mn, podendo provocar toxicidade nas plantas. O manganês encontra-se no solo em concentração que varia de 20 a  $3000 \text{ mg kg}^{-1}$ , sendo freqüente a ocorrência de valores próximos de  $350 \text{ mg kg}^{-1}$  (MALAVOLTA, 1980). Além disso, ingestão de forrageiras com alto teor de Mn por ovelhas pode

levar à altas concentrações desse metal no trato gastrointestinal o que retarda ou previne a entrada de proteínas príons através da mucosa epitelial, reduzindo a incidência de doenças neurodegenerativas desencadeadas por príons (JÓHANNESSON et al., 2004). Contudo, excesso de Mn pode inibir a absorção de ferro, causando anemia (HARTMAN et al. 1955).

No solo, o Mn predomina-se na forma trocável na solução como quelatos e fixado, porém facilmente removível (MALAVOLTA, 1980). Esse nutriente exerce diversas funções nas plantas como determinante ou integrante de vários processos, tais como síntese de proteínas, permeabilidade de membranas, absorção iônica, respiração, síntese de amido e controle hormonal (TEIXEIRA et al., 2005). Na planta, os teores de Mn baixo, inferior ao adequado ( $40\text{-}200 \text{ mg kg}^{-1}$ ), segundo Werner et al. (1996), prejudica seu papel fisiológico e, segundo Oliveira et al. (2007), induz sintomas característicos como menor perfilhamento, perfilhos mais finos, alongamento do internódio da planta e clorose reticulada nas folhas mais novas, que pode progredir para necrose.

Assim, as desordens nutricionais afetam o crescimento das forrageiras, e quando tem-se a toxicidade, os prejuízos são irreversíveis nas plantas e pode refletir nos animais. O conhecimento sobre a toxicidade do Mn em capim-tanzânia que pode ser

influenciado pelo genótipo é importante devido a ocorrência no Brasil de solos com reação ácida e especialmente há pouca pesquisa sobre esse tema. Diante do exposto, objetivou-se avaliar a influência da aplicação de manganês no estado nutricional, no crescimento e na produção de matéria seca do capim-tanzânia.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação da FCAV/Unesp, no período de agosto a outubro de 2010, empregando um Latossolo Vermelho distrófico, textura média (EMBRAPA, 2006), analisado conforme as metodologias descritas em RAIJ et al. (2001), apresentava as seguintes características químicas iniciais: pH em  $\text{CaCl}_2$   $0,01 \text{ mol L}^{-1} = 4,8$ ; P resina =  $17 \text{ mg dm}^{-3}$ ; M.O. =  $4 \text{ g dm}^{-3}$ ;  $\text{K}^+$  =  $0,2 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ;  $\text{Ca}^{2+}$  =  $8 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ;  $\text{Mg}^{2+}$  =  $4 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ; B =  $0,21 \text{ mg dm}^{-3}$ ; Cu =  $0,1 \text{ mg dm}^{-3}$ ; Fe =  $1,0 \text{ mg dm}^{-3}$ ; Mn =  $0,6 \text{ mg dm}^{-3}$ ; Zn =  $0,1 \text{ mg dm}^{-3}$ ; H + Al =  $18 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ; SB =  $12 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ; CTC =  $30 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ; V = 40%.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente ao acaso, com cinco doses de manganês (0, 15, 30, 60 e  $120 \text{ mg dm}^{-3}$ ) e quatro repetições, totalizando 20 unidades experimentais. Cada unidade experimental foi constituída por um vaso com capacidade para  $4 \text{ dm}^3$  e preenchidos com  $3,5 \text{ dm}^3$  de amostra de solo.

A calagem foi realizada para elevar a saturação por bases a 80%, em conformidade com Raij et al. (1996), utilizando calcário calcítico (CaO = 58,5%; MgO = 9%; PN = 127% e PRNT = 99,4%). Após a mistura do solo com o calcário e acondicionamento do solo nos vasos, o solo foi umedecido a 60% da capacidade de retenção de água, utilizando água deionizada, mantendo essa umidade durante todo o tempo de incubação.

Após 30 dias de incubação com o corretivo de acidez, foi realizada adubação básica de semeadura de acordo com Bonfim et al. (2004) para K, o qual foi aplicado  $200 \text{ mg dm}^{-3}$ , na forma de KCl. Para a aplicação dos demais nutrientes, adotou-se recomendação proposta por MESQUITA et al. (2004) fornecendo 1,5; 0,8; 4; 5 e  $0,15 \text{ mg dm}^{-3}$ , respectivamente, Cu, B, Fe, Zn e Mo, utilizando como fontes  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{H}_3\text{BO}_3$ ,  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  e  $\text{NaMoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . Aplicou-se, ainda,  $305 \text{ mg dm}^{-3}$  de P na forma de superfosfato simples conforme recomendação de Mesquita et al. (2004).

Na ocasião da adubação de semeadura foram utilizados, os tratamentos, na forma de solução, que consistiram em 0, 15, 30, 60 e  $120 \text{ mg}$

$\text{dm}^{-3}$  de manganês, na forma de sulfato de manganês, aplicado superficialmente no solo e incorporado a 5 cm de profundidade.

No dia 06-08-2010 foi realizada a semeadura do capim *Panicum maximum* Jacq. cv. tanzânia, e na ocasião, foi realizado a adubação nitrogenada de plantio, aplicando  $100 \text{ mg dm}^{-3}$  de N, tendo como fonte a uréia. Após dez dias de emergência das plantas (22-08-2010), foi realizado o desbaste, deixando apenas quatro plantas por vaso. Foram realizadas duas adubações nitrogenadas de cobertura com  $50 \text{ mg dm}^{-3}$  de N na forma de uréia em cada aplicação, a primeira aos 30 dias após a semeadura e a segunda aos 7 dias após o primeiro corte das plantas.

Durante o desenvolvimento do experimento, a umidade do solo foi mantida por meio de pesagem dos vasos, diariamente, com a adição de água deionizada, quando necessário, no intuito de manter a capacidade de retenção de água do solo a 60%. Após 15 dias do primeiro corte, foram coletadas amostras de solo para determinação do teor de Mn no solo, de acordo com a metodologia descrita em Raij et al. (2001).

As plantas foram monitoradas diariamente quanto a possíveis sintomas de desordem nutricional. As avaliações das plantas foram feitas nos dois cortes, sendo o primeiro corte realizado a 10 cm do solo, aos 42 dias após a semeadura (17-09-2010) e, o segundo corte, realizado rente ao solo, aos 30 dias após o primeiro corte das plantas (17-10-2010), e na ocasião, os vasos foram desmontados para a coleta das raízes. Nos dois cortes avaliaram-se o número de folhas e perfilhos, diâmetro do colo, altura das plantas, matéria seca de parte aérea e teor de Mn na parte aérea. No segundo corte determinou-se a matéria seca de raízes.

A parte aérea foi lavada em água corrente, solução de detergente neutro  $1 \text{ mL L}^{-1}$ , água deionizada, solução de HCl  $0,1 \text{ mol L}^{-1}$  e novamente em água deionizada por mais duas vezes e o excesso de umidade foi retirado com o auxílio de papel toalha, sendo colocados em sacos de papel previamente identificados. As raízes foram lavadas em água corrente para a retirada do solo e, em seguida, secas em papel toalha e colocadas em sacos de papel. Em seguida, todo material vegetal foi seco em estufa com circulação forçada de ar por 48 horas até atingir massa constante, à temperatura de  $65^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ . Em seguida, a parte aérea foi moída em Moinho de Faca, Tipo Willey, da Fabricante Marconi, Modelo MA-680 e realizou-se determinação de Mn, conforme metodologia descrita por Bataglia et al. (1983).

A avaliação dos efeitos dos tratamentos nas variáveis estudadas foi feita por meio da análise de variância pelo teste F a 5% de probabilidade e também realizou-se estudos de regressão polinomial.

Para avaliar a eficiência nutricional do capim-tanzânia para o Mn, realizou-se o cálculo do Mn acumulado na parte aérea e foi realizado o seguinte cálculo, conforme Fageria e Barbosa Filho (2007): Eficiência de Recuperação Aparente (ERA): é a quantidade de Mn absorvida ou acumulada por unidade de Mn aplicada, de acordo com a fórmula  $(ERA (\%) = (QMnA_{com\ Mn} - QMnA_{sem\ Mn} / QMn) \times 100)$ , onde,  $QMnA_{com\ Mn}$  é o Mn acumulado na parte aérea nos dois cortes nos vasos com Mn (g),  $QMnA_{sem\ Mn}$  é a quantidade de Mn acumulado na parte aérea nos dois cortes nos vasos sem Mn (g) e  $QMn$  é a quantidade de Mn aplicada (g).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teor de manganês no solo, em função das doses 0, 15, 30, 60 e 120 mg dm<sup>-3</sup> foram: 1 mg dm<sup>-3</sup>, 12 mg dm<sup>-3</sup>, 19 mg dm<sup>-3</sup>, 36 mg dm<sup>-3</sup> e 66 mg dm<sup>-3</sup>,

respectivamente, obtendo, incremento com ajuste linear ( $y = 0,5314x + 2,99$ ;  $F = 1274,5^{**}$ ;  $R^2 = 0,99$ ). Deste modo, após 57 dias da aplicação das doses, observa-se que já na menor dose aplicada (15 mg dm<sup>-3</sup> de Mn) a concentração no solo foi considerada alta segundo Raij et al. (1996) (> 5mg dm<sup>-3</sup>), podendo ocasionar toxicidade às plantas por excesso de manganês no solo.

Não foi observada significância entre as doses de manganês sobre a produção de matéria seca da parte aérea no 1º e 2º corte do capim-tanzânia (Tabela 1), sendo também observado por Guirra et al. (2009), que estudaram doses de Mn em Latossolo Vermelho distrófico utilizando capim-marandú.

Observou-se diminuição da matéria seca de raiz com o aumento das doses de Mn (Tabela 1), o mesmo encontrado por Camargo e Oliveira (1983) trabalhando com três doses de Mn em solução nutritiva utilizando trigo como planta-teste, encontrando redução no comprimento das raízes e, conseqüentemente, na matéria seca de raízes das plantas.

**Tabela 1.** Produção de matéria seca de parte aérea e raízes, altura, diâmetro de colmo, número de perfilhos e folhas do capim-tanzânia no primeiro e segundo corte (média de quatro repetições), em função das doses de Mn aplicadas.

Doses de Mn	MSPA <sup>(1)</sup>		MS <sup>(2)</sup> Raízes	Altura		Diâmetro		Perfilhos		Folhas	
	1º <sup>(3)</sup>	2º <sup>(3)</sup>		1º	2º	1º	2º	1º	2º	1º	2º
mg dm <sup>-3</sup>	g por vaso			cm		mm					
0	3,6	11,5	2,8	66,5	59,8	4,3	4,9	19	23	57	88
15	3,8	10,9	2,6	68,0	61,0	4,1	4,7	18	25	55	90
30	3,3	11,0	2,5	64,8	60,3	4,0	4,8	17	23	56	88
60	3,3	10,6	1,9	60,8	62,9	4,0	4,3	18	26	60	83
120	3,2	10,4	2,1	66,3	55,4	3,7	4,2	18	27	57	89
Teste F	2,66 <sup>ns</sup>	0,82 <sup>ns</sup>	1,26 <sup>ns</sup>	3,22*	1,13 <sup>ns</sup>	1,01 <sup>ns</sup>	1,29 <sup>ns</sup>	0,16 <sup>ns</sup>	1,22 <sup>ns</sup>	0,40 <sup>ns</sup>	0,40 <sup>ns</sup>
CV%	9,6	6,9	27,3	4,7	8,7	11,1	11,5	13,7	13,0	9,2	9,9

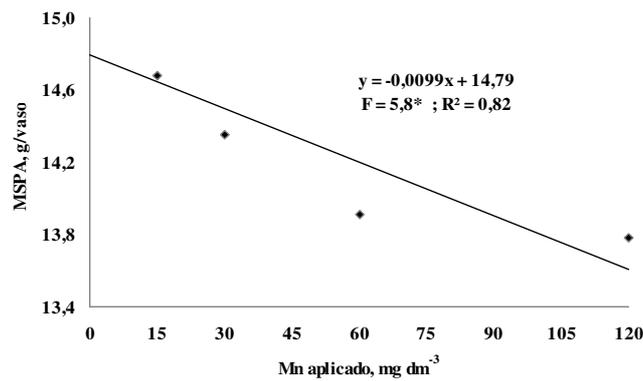
<sup>(1)</sup> MSPA: Matéria seca da parte aérea; <sup>(2)</sup> MS: Matéria seca; <sup>(3)</sup> 1º e 2º: primeiro e segundo corte; \* e <sup>ns</sup>, significativo a 5% de probabilidade e não significativo, respectivamente pelo teste F.

Verificou-se decréscimo com ajuste linear na matéria seca da parte aérea (MSPA, soma dos 2 cortes) em função das doses de Mn (Figura 1). Observa-se que o primeiro corte foi responsável por apenas 24% da produção total, enquanto que a matéria seca do segundo corte foi responsável por 76% da produção total. Isto pode ser justificado pelo crescimento do sistema radicular, a qual no primeiro corte não se encontrava completamente desenvolvido, já no segundo corte as plantas estavam com o sistema radicular desenvolvido, abrangendo, desta forma, maior área do vaso, absorvendo mais nutrientes.

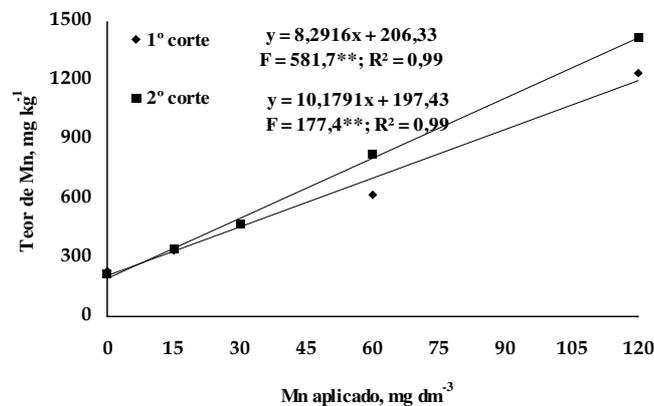
A aplicação do Mn no solo não afetou o diâmetro de colmos, o número de perfilhos e o número de folhas em ambos os cortes, mas com relação à altura das plantas houve efeito significativo das doses de Mn do capim-tanzânia apenas no primeiro corte ( $y = 0,0013x^2 - 0,1797x + 68,24$ ;  $F = 7,7^*$ ;  $R^2 = 0,66$ ) (Tabela 1).

No primeiro corte, observou-se que para a dose aplicada de Mn de 15 e 120 mg dm<sup>-3</sup> provocou incremento no teor foliar deste nutriente na planta com ajuste do modelo linear de regressão (Figura 2), variando de 340 a 1.238 mg kg<sup>-1</sup> de Mn, para as doses, de 15 e 120 mg dm<sup>-3</sup> respectivamente, não

provocando sintomas visuais de desordem nutricional.



**Figura 1.** Matéria seca da parte aérea (MSPA), soma dos dois cortes efetuados, em função das doses de Mn aplicadas.



**Figura 2.** Teor de Mn na parte aérea do capim-tanzânia, no primeiro e segundo corte, em função das doses de Mn aplicadas.

No segundo corte, análogo ao primeiro, houve incremento com ajuste linear no teor foliar com as doses do nutriente (Figura 2), variando de 340 a 1.418 mg kg<sup>-1</sup> de Mn, para as doses de 15 e 120 mg dm<sup>-3</sup>, respectivamente, maior que o teor adequado (40 à 250 mg kg<sup>-1</sup>), sugerido por Werner et al. (1996). Assim, no segundo ciclo da cultura, surgiu o sintoma de toxicidade de Mn, provocando amarelecimento nas folhas mais novas, semelhante à deficiência de ferro e encarquilhamento das folhas. Deste modo, ocorreram os sintomas de toxicidade de Mn indicados na literatura como o encarquilhamento das folhas (LIDON et al., 2004). Possivelmente a ocorrência dos sintomas semelhante à deficiência de ferro na forrageira, deve-se ao fato da ocorrência da inibição competitiva entre Mn e Fe (MALAVOLTA et al., 1997). Nota-se que os teores alto de Mn obtidos nas plantas, nos dois ciclos de crescimento da cultura, deve-se ao alto teor de Mn no solo após aplicação dos tratamentos, conforme descrito anteriormente.

Na soma dos dois cortes, notou-se que o decréscimo da matéria seca da parte aérea atingiu 9% (Figura 1), em função das doses de Mn, mesmo

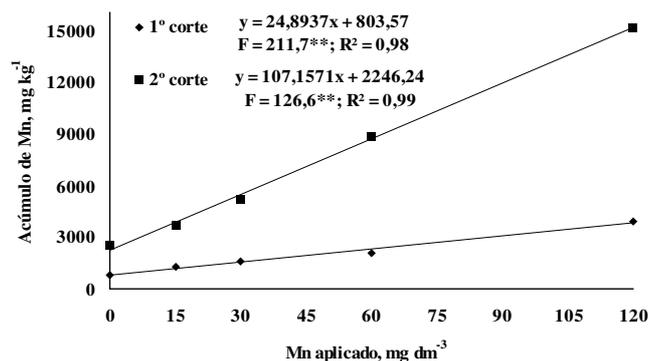
atingindo alto teor na planta no primeiro corte (1.238 mg kg<sup>-1</sup>) e no segundo corte (1.418 mg kg<sup>-1</sup>) (Figura 2), indicando alta tolerância desta planta ao micronutriente. Na literatura, o teor foliar de Mn associado com a toxicidade do nutriente varia com a cultura, alguns trabalhos indicam plantas com tolerâncias ao metal distintas do capim Tanzânia, como o milho (>598 mg kg<sup>-1</sup>) (LEITE et al., 2003); a soja (1.155 e 2.380 mg kg<sup>-1</sup>) (OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2000); pimenta-do-reino (6.200 mg kg<sup>-1</sup>) (VELOSO et al., 1995). A alta tolerância das plantas ao Mn está associada com a absorção restrita, limitada translocação para a parte aérea, ou grande tolerância a altos níveis de Mn nos tecidos da planta (EL-JAOUAL; COX, 1998). A maior tolerância de cultivares de soja ao excesso de Mn foi associada à capacidade de tolerar altos níveis internos de Mn e não a um possível mecanismo de exclusão desenvolvido pela planta (KOMATUDA et al., 1993). Em nível celular, a tolerância dos tecidos ao excesso de manganês pode ser devida ao acúmulo do elemento nos vacúolos, paredes celulares ou vesículas de Golgi (LIDON; TEIXEIRA, 2000).

Observa-se que o incremento nos teores de Mn em função das doses do nutriente, no segundo corte foram maiores em 22,7%, que os obtidos no primeiro corte do capim-tanzânia, conforme o coeficiente angular da reta (1º corte = 8,2916 e 2º corte = 10,1791) (Figura 2), o mesmo encontrado por Guirra et al. (2010) que observou em capim-marandú submetido a aplicação de manganês que a concentração do elemento nas folhas no segundo corte foi maior quando comparado ao primeiro corte. Este aumento do teor de Mn na parte aérea do capim-tanzânia do primeiro para o segundo corte pode ser explicado provavelmente pelo fato da reação ácida do solo ao longo da condução do experimento, já que foram feitas adubações nitrogenadas, pois, segundo Lopes et al. (1991), a aplicação de adubos nitrogenados (sobretudo os amoniacais e a uréia), diminuiu o valor de pH do solo pela liberação de íons  $H^+$  durante o processo de transformação de amônio a nitrato, denominado nitrificação e, também, pela própria absorção de cátions pelas plantas, liberando ao meio externo íons

$H^+$ , ocasionando, desta forma, diminuição de pH e aumento da disponibilidade de Mn.

Observa-se que nos dois cortes do capim-tanzânia, somente a maior dose ( $120 \text{ mg dm}^{-3}$ ) atingiu, segundo NRC (2001), a concentração máxima tolerável para suprimento aos bovinos, que é de  $1.000 \text{ mg kg}^{-1}$  e, segundo Prado (2008), pode levar a intoxicação dos animais que se alimentarem com este material, diminuindo a produção de carne e leite.

No Mn acumulado na parte aérea do capim-tanzânia houve incremento com ajuste linear em função das doses de Mn aplicado para o primeiro e o segundo corte (Figura 3), destacando maior absorção do nutriente no segundo corte sendo 4,3 vezes maior que no primeiro corte, conforme coeficiente angular da reta (1º corte = 24,8937 e 2º corte = 107,1571). Este aumento no acúmulo do nutriente na planta nos dois ciclos de produção foi ocasionado, principalmente, pelo aumento do teor de Mn no solo e na folha (Figura 2).



**Figura 3.** Acúmulo de Mn na parte aérea, no primeiro e segundo corte, do capim-tanzânia em função das doses de Mn aplicadas.

É pertinente salientar que os valores de recuperação aparente do Mn nos dois ciclos da forrageira com emprego das doses de 15, 30, 60 e  $120 \text{ mg dm}^{-3}$  foram de 5,5; 5,8; 6,4 e 1,5%, respectivamente, é considerado baixo, especialmente na maior dose do nutriente. Isso devido ao emprego de doses de Mn muito altas e também ao decréscimo na produção de matéria seca (soma dos 2 cortes), devido a toxicidade.

## CONCLUSÕES

A aplicação do manganês no solo incrementou os teores desse micronutriente no solo e sua absorção pela forrageira, que foi mais de quatro vezes maior no segundo corte comparado ao primeiro corte.

O emprego de altas doses de Mn não afetou o crescimento do capim-tanzânia, e diminuiu a produção de matéria seca apenas para soma dos dois cortes, indicando alta tolerância da forrageira a toxicidade de Mn.

A toxicidade de Mn na forrageira esteve associada com teor foliar no primeiro e no segundo corte de  $1.238$  e  $1.418 \text{ mg kg}^{-1}$ , respectivamente.

**ABSTRACT:** The objective was to evaluate the influence of the manganese nutritional status, growth and dry matter production of Tanzania grass. For this, we used plants of *Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia grown in pots filled with Oxisol (Mn = 0.6 mg dm<sup>-3</sup>). The experimental design was completely randomized, with five doses of manganese (0, 15, 30, 60 and 120 mg dm<sup>-3</sup>) and four replications. The plant shoot were harvested twice, the first 42 days after sowing and the second, 30 days after the first cut. In the two sections were evaluated the number of tillers and leaves, stem diameter, plant height, shoot dry matter and in shoot-Mn concentration and root dry matter after the second cut. The application of manganese in the soil increased the levels of this nutrient in the soil and their uptake by grass, which was more than four times fold higher in the second cut compared to the first cut. The use of high rates of Mn did not affect the growth of *Panicum maximum*, and decreased dry matter production only for the sum of two cuts, indicating high tolerance of forage of Mn toxicity. The toxicity of Mn in forage was associated with leaf content in the first and second cut of 1,238 and 1,418 mg kg<sup>-1</sup>, respectively.

**KEYWORDS:** *Panicum maximum*. Grass. Fertilization. Micronutrient.

## REFERÊNCIAS

- BATAGLIA, O. C.; FURLANI, A. M. C.; TEIXEIRA, J. P. F.; FURLANI, P. R. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1983. 48p. (Boletim Técnico, 78)
- BONFIM, E. M. S.; FREIRE, F. J.; SANTOS, M. V. F.; SILVA, T. J. A.; FREIRE, M. B. G. S. Níveis críticos de fósforo para *Brachiaria brizantha* e suas relações com características físicas e químicas em solos de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, p. 281-288, 2004.
- BRÂNCIO, P. A.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. do; EUCLIDES, V. P. B.; FONSECA, D. M.; ALMEIDA, R.G. de; MACEDO, M. C. M.; BARBOSA, R. A. Avaliação de três cultivares de *Panicum maximum* Jacq. sob pastejo: composição da dieta, consumo de matéria seca e ganho de peso animal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 5, p. 1037-1044, 2003.
- BROSSARD, M.; BARCELLOS, A. O. Conversão do cerrado em pastagens cultivadas e funcionamento de Latossolos. **Cadernos de Ciência e Tecnologia**, Brasília, v. 22, p. 153-168, 2005.
- CAMARGO, C. E. O; OLIVEIRA, O. F. Tolerância de cultivares de trigo a diferentes níveis de manganês em solução nutritiva. **Bragantia**, Campinas, v. 42, p. 65-77, 1983.
- EL-JAOUAL, T.; COX, D. A. Manganese toxicity in plants. **Journal of Plant Nutrition**, Philadelphia, v. 21, n. 2, p. 353-386, 1998.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.
- FAGERIA, N. K.; BARBOSA FILHO, M. P. Dry-matter and grain yield, nutrient uptake, and phosphorus use-efficiency of lowland rice as influenced by phosphorus fertilization. **Communication in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 38, p. 1289-1297, 2007.
- GUIRRA, A. P. P. M.; FIORENTINI, C. F.; CAETANO, M. C. T.; PRADO, R. M. Comportamento vegetativo do capim marandú à doses de manganês. In: Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, 2010, Guarapari. **Anais/CD-ROM**. Guarapari: Fertbio, 2010.
- KOMATUDA, C. R. N.; SEDIYAMA, C. S.; NOVAIS R. F.; MONNERAT, P. H.; NEVES, J. C. L. Comportamento de cultivares de soja sob deficiência ou excesso de manganês em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 17, n. 2, p. 217-221, 1993.
- HARTMAN, R. H.; MATRONE, G.; WISE, G. H. Effect of high dietary manganese on hemoglobin formation. **The Journal of Nutrition**, v. 57, p. 429-39, 1955.

- JÓHANNESSON, T.; GUDMUNDSDÓTTIR, K. B.; EIRÍKSSON, T.; KRISTINSSON, J.; SIGURDARSON, S. Copper and manganese in hay samples from scrapie-free, scrapie-prone and scrapie-afflicted farms in Iceland. **Búvísindi**, Reykjavik, v. 4, p. 45-52, 2005.
- LEITE, U. T.; AQUINO, B. F.; ROCHA, R. N. C.; SILVA, J. Níveis críticos foliares de boro, cobre, manganês e zinco em milho. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 19, n. 2, p. 115-125, 2003.
- LIDON, F. C.; TEIXEIRA, M. G. Rice tolerance to excess Mn: implications in the chloroplast lamellae and synthesis of a novel Mn protein. **Plant Physiology Biochemical**, Paris, v. 38, p. 969-978, 2000.
- LIDON, F. C.; BARREIRO, M. G.; RAMALHO, J. C. Manganese accumulation in rice: implications for photosynthetic functioning. **Journal of Plant Physiology**, v. 161, p. 1235-1244, 2004.
- LIMA, A. F. **Avaliação de clones de Panicum maximum Jacq. submetidos à suspensão hídrica**. 2009. 54f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2007.
- LOPES, A. S.; SILVA, M. C.; GUILHERME, L. R. G. **Acidez do solo e calagem**. 3 ed. São Paulo: ANDA, 1990. 22p. (Boletim Técnico, 1)
- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo, Agronômica Ceres, 1980. 253p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.
- MESQUITA, E. E.; PINTO, J. C.; FURTINI NETO, A. E.; SANTOS, I. P. A. dos; TAVARES, V. B. Teores críticos de fósforo em três solos para o estabelecimento de capim-Mombaça, capim-Marandú e capim-Andropogon em vasos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 33, p. 290-301, 2004.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7th rev. ed. Washington National Academy of Science, 2001, p. 140.
- OLIVEIRA JUNIOR, J. A.; MALAVOLTA, E.; CABRAL, C. P. Efeitos do manganês sobre a soja cultivada em solo de cerrado do triângulo mineiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 8, p. 1629-1636, 2000.
- OLIVEIRA, I. P.; CASTRO, F. G. F.; MOREIRA, F. P.; PAIXÃO, V. V.; CUSTÓDIO, D. P.; SANTOS, R. S. M. dos; FARIA, C. D. de; COSTA, K. A. de P. Efeitos qualitativo e quantitativo da aplicação de fósforo no capim Tanzânia. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 30, p. 37-41, 2000.
- PRADO, R. M. **Manual de nutrição de plantas forrageiras**. Jaboticabal: FUNEP, 2008. 500p.
- RAIJ, B. van.; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico, 2001. 285p.
- RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agronômico, 1996. 285p. (Boletim técnico, 100)
- RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Potafos/Agronômica Ceres, 1991. 343p.
- SANTOS, P. M.; COSTA, R. Z. M. **Manejo de pastagens tropicais**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2006. 26p. (Documentos, 52).
- TEIXEIRA, I. R.; BORÉM, A.; ARAÚJO, G. A. de A.; ANDRADE, M. J. B. de. Teores de nutrientes e qualidade fisiológica de sementes de feijão. **Bragantia**, Campinas, v. 64, p. 83-88, 2005.

VELOSO, C. A. C.; MURAOKA, T.; MALAVOLTA, E.; CARVALHO, J. G. Influencia do manganês sobre a nutrição mineral e crescimento da pimenta do reino (*Piper nigrum* L.). **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 52, n. 2, p. 376-383, 1995.

WERNER, J. C.; PAULINO, V. T.; CANTARELLA, H.; ANDRADE, N. O.; QUAGGIO, J. A. Forrageiras. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Org.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2ed. Campinas: Instituto Agrônomo e Fundação IAC, 1996. 255p. (Boletim técnico, 100).