

MANGANÊS NA NUTRIÇÃO E NA PRODUÇÃO DE MASSA SECA DO CAPIM-MOMBAÇA

MANGANESE IN THE NUTRITION AND DRY MASS PRODUCTION OF THE MOMBAÇA GRASS

**Fabio Luíz Checchio MINGOTTE¹; Carlos Leandro Rodrigues dos SANTOS²;
Renato de Mello PRADO³; Rilner Alves FLORES²; Alúcio Hideki TOGORO²;
Juliana Aparecida dos Santos da SILVA⁴; Lucas Sanches POLITI²; Anderson Santos PINTO²;
Daily Soraya AQUINO²**

1. Doutorando em Agronomia - Produção Vegetal, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - FCAV, Universidade Estadual Paulista - UNESP, Jaboticabal, SP, Brasil, Bolsista Fapesp. flcmingotte@gmail.com; 2. Pós-graduação em Agronomia - Ciência do Solo, FCAV - UNESP, Jaboticabal, SP, Brasil. caleufrj@bol.com.br; 3. Professor Titular do departamento de solos e adubos - FCAV - UNESP, Jaboticabal, SP, Brasil. rmprado@fcav.unesp.br; 4. Pós-graduação em Agronomia - Produção Vegetal - FCAV - UNESP, Jaboticabal, SP, Brasil.

RESUMO: São poucos os estudos que relacionam o micronutriente manganês (Mn) com o estado nutricional e a produção de forrageiras tropicais. Objetivou-se avaliar o efeito da aplicação de Mn na nutrição e no crescimento do capim-mombaça durante dois ciclos de produção. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, constituídos de ausência e quatro doses de manganês (0, 15, 30, 60, 120 mg dm⁻³) e quatro repetições. Cada unidade experimental foi constituída de um vaso preenchido com 3,5 dm³ de terra proveniente de um Latossolo Vermelho distrófico (Mn = 0,6 mg dm⁻³), contendo quatro plantas. Realizou-se dois cortes, o primeiro aos 44 dias após a semeadura e o segundo 38 dias após o primeiro corte. Avaliaram-se a concentração de Mn no solo e na lâmina foliar, o número de perfilhos, altura de plantas, massa seca da parte aérea em cada corte e do sistema radicular. As doses de Mn aplicadas proporcionaram aumento no acúmulo de Mn na planta, bem como houve incremento na produção de massa seca do capim-mombaça. A produção máxima, obtida por meio de cálculo de derivação, foi de 5,9 e 6,3 g planta⁻¹, para as doses de 121 e 71 mg dm⁻³ de Mn, no primeiro e segundo cortes respectivamente. O capim-mombaça apresentou alta tolerância ao Mn, tendo como nível crítico de toxicidade 841 mg kg⁻¹, ocorrido apenas no segundo corte da forrageira.

PALAVRAS-CHAVE: *Panicum maximum*. Fertilidade do solo. Micronutriente. Toxicidade. Pastagem.

INTRODUÇÃO

O *Panicum maximum* Jacq. é uma das espécies de plantas forrageiras mais importantes para a produção de bovinos nas regiões de clima tropical e subtropical. O uso e o interesse por plantas pertencentes ao gênero *Panicum* têm aumentado nos últimos anos provavelmente em virtude de seu grande potencial de produção de massa seca por unidade de área, ampla adaptabilidade, boa qualidade de forragem e facilidade de estabelecimento. Dessa forma, existem no Brasil várias outras cultivares de *Panicum maximum*, tais como o capim-mombaça (CORRÊA; SANTOS, 2003). A cultivar Mombaça tem alta produtividade, apresenta elevada porcentagem de folhas, principalmente na seca, destacando-se também por apresentar menor estacionalidade de produção (MÜLLER et al., 2002).

O capim-mombaça pertence ao grupo de forrageiras consideradas exigentes em fertilidade do solo. Portanto, a nutrição apresenta papel muito importante no desenvolvimento dos vegetais e na concentração dos nutrientes nas folhas, refletindo na

produtividade. Assim, a resposta da forrageira à adubação é bastante acentuada, conforme descrito por Souza et al. (2005).

Para obtenção de altos índices de produtividade, é necessário haver equilíbrio na disponibilidade dos nutrientes, os quais atuam de maneira direta ou indiretamente no metabolismo vegetal. Os micronutrientes são requeridos pelas plantas em pequenas quantidades, porém, indispensáveis para o crescimento e o desenvolvimento (MALAVOLTA, 2006).

O manganês (Mn) é um micronutriente que está envolvido em vários processos metabólicos, desempenhando papel primordial na ativação de várias enzimas na rota do ácido chiquímico (levando à biossíntese de aminoácidos aromáticos, como tirosina, e diversos produtos secundários, tais como lignina e flavonóides) (WILKINSON; OHKI, 1988). O processo de fotólise da água (reação de Hill) ocorre nos cloroplastos, por meio de enzimas que contêm Mn, em que elétrons liberados da água são transferidos para o fotossistema II. Várias enzimas da fase escura da fotossíntese são ativadas pelo Mn, como a enzima málica e a carboxiquinase

fosfoenolpirúvica (MALAVOLTA, 2006). O acúmulo de Mn não possui um local específico de deposição, podendo ser armazenado nos vacúolos e em tilacóides do cloroplasto (FOY et al., 1978; McCAIN; MARKLEY, 1989; LIDON; TEIXEIRA, 2000).

Geralmente, em solos brasileiros, a concentração de Mn não é limitante na produção de forrageiras, entretanto, solos ácidos podem apresentar alta concentração de Mn provocando toxicidade às plantas e aos animais (NRC, 2001). Por outro lado, em determinados sistemas de produção, é relatada a importância da aplicação dos micronutrientes no aumento do crescimento do capim-mombaça (BETINI et al., 2000).

Para se obter alta eficiência de uso de Mn pelas plantas forrageiras, em especial *Panicum maximum*, a disponibilidade deste micronutriente no solo deve ser adequada às exigências das plantas. As informações da avaliação do estado nutricional do capim-mombaça quanto ao micronutriente Mn são escassas, o que evidencia a necessidade de maiores investigações científicas. Diante disso, objetivou-se avaliar os efeitos de doses de manganês na nutrição e no crescimento do capim-mombaça, durante dois ciclos de produção.

MATERIAL E MÉTODOS

Realizou-se o experimento em condições de casa de vegetação da FCAV/UNESP, localizada a 21°15'22" de latitude Sul, 48°15'18" de longitude Oeste. Os tratamentos foram constituídos por doses de Mn, sendo 0 (sem aplicação), 15, 30, 60 e 120 mg dm⁻³, na forma de sulfato de manganês (35,5% de Mn), dispostos em delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro repetições.

Cada unidade experimental foi constituída por um vaso com capacidade de 4 dm³, preenchido com 3,5 dm³ de terra proveniente de um Latossolo Vermelho distrófico (EMBRAPA, 2006), com textura média na camada superficial do solo (0-20 cm de profundidade). A análise química inicial do solo apresentou as seguintes propriedades químicas: pH = 4,8; M.O. = 4 g dm⁻³; P = 17 mg dm⁻³; K = 0,2 mmol_c.dm⁻³; Ca = 8 mmol_c.dm⁻³; Mg = 4 mmol_c.dm⁻³; B = 0,21 mg dm⁻³; Cu = 0,1 mg dm⁻³; Fe = 1,0 mg dm⁻³; Mn = 0,6 mg dm⁻³; Zn = 0,1 mg dm⁻³; (H+Al) = 18 mmol_c.dm⁻³; SB = 12,2 mmol_c.dm⁻³; CTC = 30,2 mmol_c.dm⁻³; V = 40%. Realizou-se a calagem no dia 29 de junho de 2010, utilizando-se o calcário calcinado (CaO = 58,5%; MgO = 9%; PN = 127%; PRNT = 99,4%), objetivando atingir saturação de bases (V) igual a 80%, mantendo a massa de solo

úmida (60% da capacidade de retenção), incubada durante período de 30 dias.

Após o período de incubação do solo, realizou-se a adubação básica, aplicando-a na massa de solo e misturando-a com as seguintes doses de nutrientes: 200 mg dm⁻³ de K (KCl p.a.) (BONFIM et al., 2004), 1,5 mg dm⁻³ de Cu (CuSO₄.5H₂O p.a.), 0,8 mg dm⁻³ de B (H₃BO₃ p.a.), 0,15 mg dm⁻³ de Mo (NaMoO₄.2H₂O p.a.), 4,0 mg dm⁻³ de Fe (Fe₂(SO₄)₃.4H₂O p.a.) e 5,0 mg dm⁻³ de Zn (ZnSO₄ p.a.) (MESQUITA et al., 2004). Ainda, foi aplicado 305 mg dm⁻³ de P, na forma de superfosfato simples (MESQUITA et al., 2004). A dose de nitrogênio foi de 150 mg dm⁻³ de N na forma de uréia, sendo parte aplicada na sementeira (100 mg dm⁻³ de N) e o restante (50 mg dm⁻³ de N), aos 30 dias após a sementeira, de acordo com MESQUITA et al. (2004). Os tratamentos (doses de Mn) foram aplicados na superfície do solo e incorporados a 10 cm de profundidade na época da emergência das plantas.

Realizou-se a sementeira do capim-mombaça no dia 14 de agosto de 2010 e, após 10 dias da emergência, foi feito o desbaste mantendo 5 plantas por vaso. A irrigação foi feita com água deionizada pelo método de pesagens dos vasos, mantendo a umidade correspondente a 60% da capacidade de retenção.

As plantas da forrageira foram avaliadas diariamente quanto à sintomatologia de desordem nutricional e, aos 44 dias após a sementeira, realizou-se o primeiro corte das plantas e determinou-se as seguintes variáveis de crescimento: altura, número de perfilhos e massa seca da parte aérea. Na mesma data do primeiro corte (29/10/2010) realizou-se a coleta de amostras de terra para a determinação do teor de Mn no solo. Aos 38 dias após o primeiro corte, foi realizado o segundo corte, separando-se a parte aérea do sistema radicular. As amostras do tecido vegetal foram devidamente lavadas em solução detergente 0,1%, solução ácida 0,3% e água destilada, para posterior secagem em estufa e determinação da massa seca. Nos tecidos vegetais, determinou-se o teor de Mn na planta, segundo o método descrito por Bataglia et al. (1983). Calculou-se o acúmulo de Mn na parte aérea a partir dos dados do teor de Mn no tecido vegetal e de massa seca.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância utilizando-se o software AgroEstat (BARBOSA; MALDONADO, 2008) e, em seguida, aplicou-se a análise de regressão polinomial. Foram testados os modelos matemáticos linear e quadrático, com a aplicação do que proporcionou melhor ajuste aos dados, adotando-se

como critério para escolha do modelo a magnitude dos coeficientes de regressão significativos a 5% de probabilidade pelo teste t. O ponto de máxima produção foi calculado por derivação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No solo, observou-se que a aplicação de manganês promoveu incremento com ajuste linear no teor de Mn do solo (Tabela 1). Os teores de Mn no solo são interpretados como baixo (0 a 1,2 mg dm⁻³), para o tratamento testemunha e alto (> 5 mg dm⁻³) nos, tratamentos que receberam aplicação de Mn, segundo indicação de Raij et al. (1997).

Tabela 1. Teor de Mn no solo na época do primeiro corte do capim-mombaça em função das doses de manganês aplicadas. Jaboticabal – SP, 2010.

Tratamentos	Medias estimadas ⁽⁺⁾
Mn (mg dm ⁻³)	mg dm ⁻³
0	1,00
15	12,25
30	19,43
60	35,87
120	65,98
Teste F	319,57**
C.V.	10,49

** - Significativo a 1% de probabilidade. ⁽⁺⁾ Equação: $y = 0,5307x + 3,02$ e $R^2 = 0,99$ **.

Pelo coeficiente angular da reta, a recuperação do manganês foi de 53%, valor muito próximo aos obtidos por Aspiazü (2004) em um Latossolo Vermelho distroférico (51%) e em um Latossolo Vermelho Amarelo (51%), empregando o DTPA. Esse valor relativamente baixo de recuperação do Mn no solo com uso do DTPA, deve ao fato que extratores que atuam por quelatação torna mais difícil extrair o elemento em

ligações mais estáveis principalmente com óxidos de ferro e alumínio que predominam nos solos tropicais (NASCIMENTO, 2001).

Na planta, houve incremento do teor de Mn na parte aérea do primeiro (Figura 1A) e do segundo corte (Figura 1B) em função das doses aplicadas, resultando em teores de 1320,31 e 898,38 mg kg⁻¹, respectivamente.

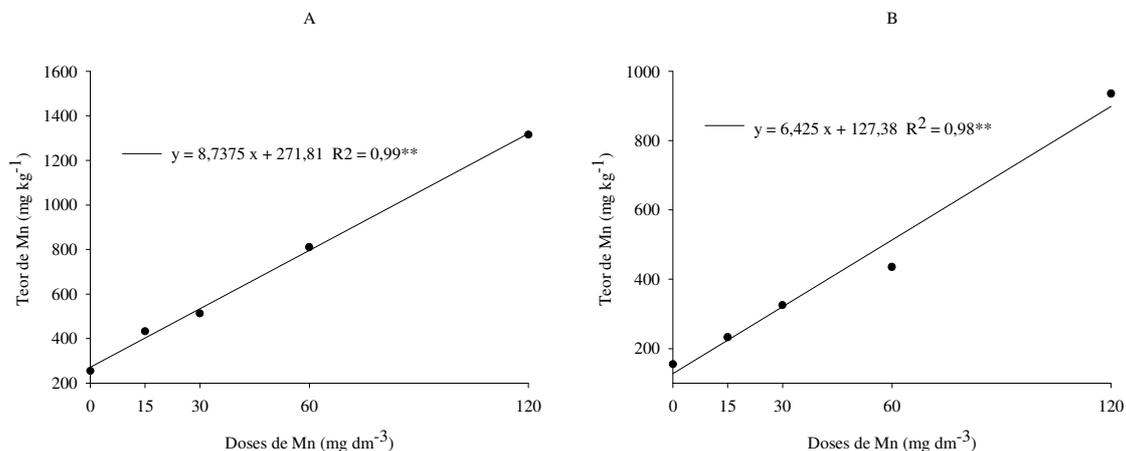


Figura 1. Teor de Mn na parte aérea do primeiro corte (A); na parte aérea do segundo corte (B) do capim-mombaça em função das doses de manganês aplicadas. Jaboticabal – SP, 2010.

Esse efeito da aplicação das doses de Mn no incremento nos teores foliares desse nutriente no capim-mombaça ocorreu devido ao fato do aumento deste nutriente no solo (Tabela 1). De forma geral, foi observado alto teor de Mn nas plantas adubadas com sulfato de manganês, sendo que o fato do ensaio ter sido conduzido em vasos pode ter

contribuído aos altos teores de Mn observados, uma vez que o Mn é absorvido por interceptação radicular e difusão.

Malavolta et al. (1997) sugerem teores de Mn nas forrageiras entre 80 e 100 mg kg⁻¹ para uma alimentação adequada de bovinos, caprinos e ovinos. No entanto, os teores de Mn encontrados

neste trabalho foram superiores ao sugeridos pelos autores.

Freitas et al. (2007), em ensaio de campo avaliando a aplicação de nitrogênio em seis cortes de capim-mombaça, verificaram que a maior produção esteve associada com o teor foliar de Mn de 9,6 mg kg⁻¹. Braz et al. (2004) observaram, no capim-mombaça, que o teor de Mn foi de 8,7 mg kg⁻¹ e 29,5 mg kg⁻¹ aos 42 e 80 dias, respectivamente.

Não foram verificados sintomas típicos de deficiência de manganês nas plantas mantidas na ausência do elemento, o que pode se relacionar à pequena quantidade presente no solo utilizado no experimento (0,6 mg dm⁻³), suficiente para suprir a

necessidade de Mn para as plantas (TEBALDI et al., 2000).

A aplicação de Mn não afetou a altura ($p>0,05$) ou o número de perfilhos ($p>0,05$) do primeiro corte do capim-mombaça. Enquanto que, no segundo corte da forrageira, observou-se aumento quadrático para altura de plantas (Figura 2A) e linear para o número de perfilhos (Figura 2B) em função da aplicação de Mn. A aplicação de Mn apresentou efeito tardio no crescimento da forrageira, pois houve efeito benéfico na altura e no perfilhamento apenas no segundo corte.

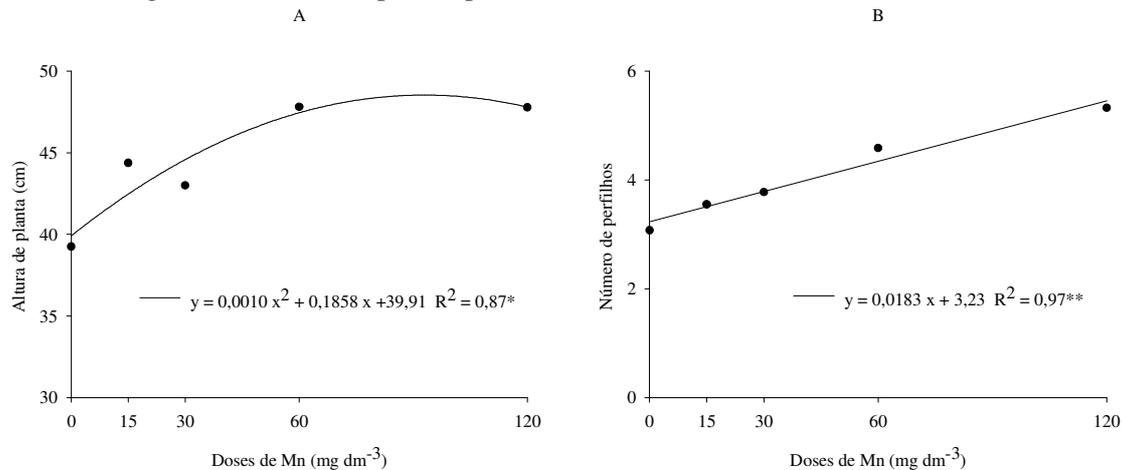


Figura 2. Altura (A) e número de perfilhos (B) no segundo corte do capim-mombaça em função das doses de manganês aplicadas. Jaboticabal – SP, 2010.

A aplicação de Mn promoveu incremento de massa seca na parte aérea e sistema radicular tanto no primeiro quanto no segundo corte (Tabela 2).

As doses de manganês aplicadas incrementaram com ajuste quadrático a produção de

matéria seca da parte aérea dos dois cortes (Figuras 3A e 3B) e isso refletiu na soma dos dois cortes (Figura 3D). Entretanto, observou-se efeito linear na produção de matéria seca de raiz (Figura 3C) com a aplicação de doses crescentes de manganês.

Tabela 2. Produção de massa seca de capim-mombaça, em função da aplicação de doses de manganês. Jaboticabal – SP, 2010.

Tratamentos	1º corte		2º corte		Total
	MS Parte Aérea	MS Parte Aérea	MS Sistema Radicular	MS Parte Aérea	MS Parte Aérea
Mn (mg dm ⁻³)	----- g por planta -----				
0	4,3	4,4	2,9		8,7
15	4,9	5,1	3,8		10,1
30	5,2	5,4	4,1		10,6
60	5,2	6,5	4,0		11,7
120	5,3	5,7	5,0		11,0
Teste F	5,12**	10,67**	16,16**		10,57**
C.V. (%)	7,2	8,8	9,6		6,7

** - significativo a 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

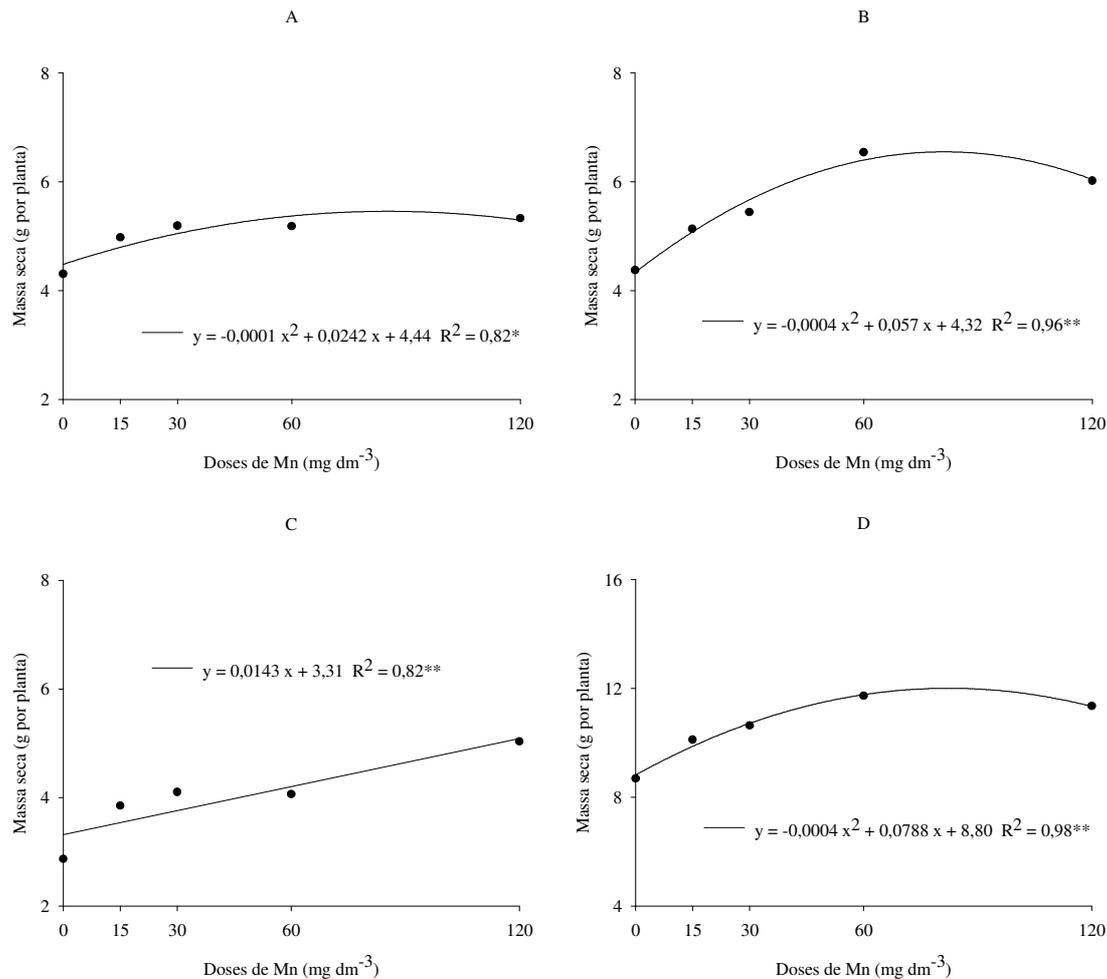


Figura 3. Produção de massa seca da parte aérea do primeiro corte (A); da parte aérea do segundo corte (B); do sistema radicular do segundo corte (C); do total da parte aérea (D) de capim-mombaça, em função das doses de Mn aplicadas. Jaboticabal – SP, 2010.

Nota-se que a máxima produção de massa seca no primeiro e no segundo corte, obtidas por cálculo de derivação, foi de 5,90 e 6,35 g por planta, obtidas com as doses de 121 e 71 mg dm⁻³, respectivamente (Figuras 3A e 3B). Enquanto Guirra et al. (2010) não observaram efeito da aplicação de Mn, via incorporação no solo, sobre a produção de massa seca do capim Marandú. A menor produção de massa seca ocorreu na testemunha, fato que pode ser atribuído à diminuição na taxa de fotossíntese (MALAVOLTA, 2006). Betini et al. (2000), ao avaliarem deficiências minerais em capim-mombaça em solo do Noroeste do Paraná, constataram que a não aplicação de micronutrientes reduziu em 15, 20 e 22%, respectivamente, o número de perfilhos, produção de massa seca da parte aérea e das folhas do capim quando comparado com o controle.

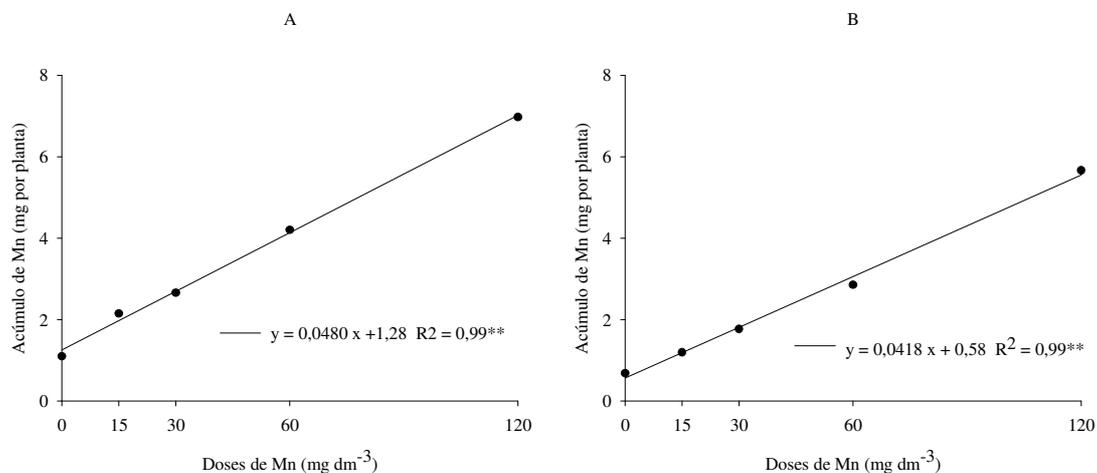
Para o sistema radicular, houve incremento significativo na produção de massa seca conforme aumentaram as doses de manganês, apresentando ajuste linear dos dados ($R^2 = 82\%$) (Figura 3C). O acúmulo de massa seca das raízes foi influenciado pela aplicação das doses de Mn, com incremento até a dose de 120 mg dm⁻³, evidenciando novamente a resposta positiva da planta à aplicação de Mn.

Observou-se aumento do acúmulo de manganês nas plantas em função das doses de Mn aplicadas no solo (Tabela 3). Observou-se que a aplicação de Mn promoveu incremento com ajuste linear no acúmulo de Mn na parte aérea do capim-mombaça no primeiro (Figura 4A) e no segundo corte (Figura 4B). O aumento na absorção de Mn deve-se ao fato do incremento nos teores deste micronutriente no solo (Tabela 1).

Tabela 3. Acúmulo de manganês na parte aérea e eficiência de utilização do capim-mombaça, em função da aplicação de doses de manganês. Jaboticabal – SP, 2010.

Tratamentos	-----Acúmulo de Mn-----			Eficiência de Utilização
	1º corte	2º corte	Total	
Mn (mg dm ⁻³)	----- mg por planta -----			mg g ⁻¹
0	1,1	0,7	1,8	42,4
15	2,2	1,2	3,4	30,7
30	2,7	1,8	4,5	25,7
60	4,2	2,9	7,1	19,6
120	7,0	5,7	12,7	10,2
Teste F	100,34**	56,66**	318,72**	
C.V. (%)	13,3	21,6	8,1	

** - significativo a 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

**Figura 4.** Efeito de doses de manganês (mg dm⁻³) sobre o acúmulo de Mn no primeiro corte (A) e no segundo corte (B) em capim-mombaça, Jaboticabal – SP, 2010.

Pelos resultados do teor de Mn no capim-mombaça associado a 90% da produção máxima de massa seca obteve-se o nível crítico de deficiência igual a 573 mg kg⁻¹ para o primeiro corte e 329 mg kg⁻¹ no segundo corte. O método ortogonal, baseado na derivação do modelo quadrático, aqui utilizado sempre superestima o nível de recomendação, quando comparado à metodologia do platô, porém, os valores aqui apresentados são muito superiores aos descritos como adequados para gramíneas forrageiras por Guimarães et al. (1980) (20 a 120 mg kg⁻¹), Werner et al. (1997) (40 a 200 mg kg⁻¹) e Malavolta (2006) (80 a 300 mg kg⁻¹).

Notou-se ainda que o capim-mombaça apresentou alta tolerância à toxicidade, pois o teor de Mn na parte aérea no segundo corte associado com a redução de 10% da produção máxima de massa seca foi de 841 mg kg⁻¹. Estima-se que o teor de Mn no solo correspondente ao teor foliar no segundo corte (841 mg kg⁻¹) esteve associado com teor de 62 mg dm⁻³, o que é muito maior que o

indicado como teor adequado (1,2 a 5 mg dm⁻³), segundo interpretação de Raji et al. (1997).

Não foram manifestados sintomas visíveis de excesso de Mn nas plantas, confirmando tolerância da cultivar ao micronutriente, o que pode ter causado prejuízos apenas em nível molecular e celular, não atingindo ao nível para lesão tecidual. Essa alta tolerância da planta ao Mn possivelmente ocorreu devido a algum mecanismo de defesa ao excesso de Mn, o que pode ser confirmado pela eficiência de absorção do elemento, o qual apresentou diminuição com o incremento das doses de manganês (Tabela 3) ou mesmo pela compartimentalização do metal no vacúolo das células, diminuindo seu efeito no metabolismo vegetal (LAVRES JÚNIOR et al., 2008).

CONCLUSÕES

A aplicação de manganês aumentou o teor desse nutriente tanto no solo quanto na lâmina foliar

do capim-mombaça com reflexo na produção de massa seca.

O capim-mombaça apresentou alta tolerância ao manganês, tendo como nível crítico de

toxicidade 841 mg kg⁻¹, ocorrido apenas no segundo corte da forrageira.

ABSTRACT: There are few studies that relate the micronutrient manganese nutritional status and production of fodder. The objective was to evaluate the application of manganese in the nutrition and growth of Mombaça grass. The completely randomized design was used with five manganese levels (0, 15, 30, 60, 120 mg dm⁻³) and four replicates. Each experimental unit consisted of a pot filled with 3.5 dm³ of soil from Oxisol (Mn = 0.6 mg dm⁻³), containing four plants. Two harvests were set, the first 44 days after sowing and the second 38 days after the first cut. The concentration of manganese in the soils, the manganese content of leaves, number of tillers, plant height, shoot dry mass in each slice and the root system of Mombaça grass were evaluated. The applied rates of manganese resulted in increased accumulation of Mn in the plant, and there was an increase in dry mass of Mombaça grass, with maximum production, obtained from derivation, of 5.9 and 6.3 g plant⁻¹ for levels of 121 and 71 mg dm⁻³ of Mn in the first and second cut respectively. The Mombaça grass has showed high manganese's tolerance, the critical level of toxicity was 841 mg kg⁻¹ in the second cut.

KEYWORDS: *Panicum maximum*. Soil Fertility. Micronutrient. Toxicity. Pasture.

REFERÊNCIAS

- ASPIAZÚ, I. **Extração de ferro e manganês por Mehlich-1, Mehlich-3 e DTPA em solos de Minas Gerais e da Bahia**. 2004. 49 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Solos e Nutrição de Plantas) – Curso de Pós-Graduação em Agronomia - Solos e Nutrição de Plantas, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004.
- BARBOSA, J. C.; MALDONADO JÚNIOR, W. **AgroEstat - Sistema para análise estatística de ensaios agrônômicos**, versão 1.0., Jaboticabal, FCAV-UNESP, Campus Jaboticabal, 2008.
- BATAGLIA, O. C.; FURLANI, A. M. C.; TEIXEIRA, J. P. F.; FURLANI, P. R.; GALLO, J. R. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1983. 48 p. (Boletim Técnico 78).
- BETINI, E. M.; SENGIK, E.; CECATO, U.; SCAPIN, C. A.; SAMBATTI, J. A. Identificação de deficiências minerais por meio da diagnose por subtração em solo do noroeste do Paraná cultivado com Capim-Mombaça. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 22, n. 4, p. 1083-1087, 2000.
- 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, n. 2, p. 281-288, 2004.
- BRAZ, A. J. B. P.; SILVEIRA, P. M.; KLIEMANN, H. J.; ZIMMERMANN, F. J. P. Acúmulo de nutrientes em folhas de milho e dos capins Braquiária e Mombaça. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Brasília, v. 34, n. 2, p. 83-87, 2004.
- CORRÊA, L. A.; SANTOS, P. M. **Manejo e utilização de plantas forrageiras dos gêneros *Panicum*, *Brachiaria* e *Cynodon***. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudoeste, 2003. p. 36. (Embrapa Pecuária Sudoeste. Documento 34).
- EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: CNPS, 2006. 306 p.
- FOY, C. D.; CHANEY, R. L.; WHITE, M. C. The physiology of metal toxicity in plants. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v. 29, n. 3, p. 511-566, 1978.

- FREITAS, K. R.; ROSA, B.; RUGGIERO, J. A.; NASCIMENTO, J. L.; HEINEMAM, A. B.; MACEDO, R. F.; NAVES, M. A. T.; OLIVEIRA, I. P. Avaliação da composição químico – bromatológica do capim mombaça (*Panicum maximum* Jacq.) submetido a diferentes doses de nitrogênio. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 23, n. 3, p. 1-10, 2007.
- GUIMARÃES, P. T. G.; FERREIRA, J. G.; CARVALHO, J. G.; LOPES, A. S. Adubação de pastagens. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 6, n. 70, p. 34-52, 1980.
- GUIRRA, A. P. P. M.; FIORENTIN, C. F.; CAETANO, M. C. T.; PRADO, R. M. Comportamento vegetativo do capim marandú à doses de manganês. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FERTILIDADE DO SOLO, 29., 2010, Guarapari. **Anais...Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 2010.
- LAVRES JUNIOR, J.; MORAES, M. F.; CABRAL, C. P.; MALAVOLTA, E. Influência genotípica na absorção e na toxidez de manganês em soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 1, p. 173-181, 2008.
- LIDON, F. C.; TEIXEIRA, M. G. Oxy radicals production and control in the chloroplasts of Mn-treated rice. **Plant Science**, Shannon, v. 152, n. 1, p. 7-15, 2000.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: Princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.
- MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2006. 638 p.
- MCCAIN, D. C; MARKLEY, J. L. More manganese accumulates in maple sun leaves than in shade leaves. **Plant Physiology**, Rockville, v. 90, p. 1417-1421, 1989.
- MESQUITA, E. E.; PINTO, J. C.; FURTINI NETO, A. E.; SANTOS, I. P. A.; TAVARES, V. B. Critical phosphorus concentrations in three soils for the establishment of mombaça grass, marandu grass and andropogon grass. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 33, n. 2, p. 290-301, 2004.
- MÜLLER, M. S.; FANCELLI, A. L.; NETO, D. D.; GARCIA, A. G.; OVEJERO, R. F. L. Produtividade do *Panicum maximum* cv. Mombaça irrigado, sob pastejo rotacionado. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 59, n. 3, p. 427-433, 2002.
- NASCIMENTO, C. W. A. **Dessorção, extração e fracionamento de zinco, cobre e manganês em solos**. 2001. 60 f. Tese (Doutorado em Agronomia - Solos e Nutrição de Plantas) – Curso de Pós-Graduação em Agronomia - Solos e Nutrição de Plantas, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.
- NRC. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7. ed. Washigton: Washigton National Academy of Science, 2001. p. 105-161.
- 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: IAC, 1997. 285 p. (Boletim Técnico, 100).
- SOUZA, E. M.; ISEPON, O. J.; ALVES, J. B.; BASTOS, J. F. P.; LIMA, R. C. Efeitos da irrigação e adubação nitrogenada sobre a massa de forragem de cultivares de *Panicum maximum* Jacq. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 4, p. 1146-1155, 2005.
- TEBALDI, F. L. H.; SILVA, J. F. C.; VASQUEZ, H. M.; THIEBAUT, J. T. L. Composição mineral das pastagens das regiões Norte e Noroeste do Estado do Rio de Janeiro: manganês, ferro, zinco, cobre, cobalto, molibdênio e chumbo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 2, p. 616-629, 2000.

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. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: IAC, 1997. p. 263-273. (Boletim Técnico, 100).

WILKINSON, R. E.; OHKI, K. Influence of manganese deficiency and toxicity on isoprenoid syntheses. **Plant Physiology**, Rockville, v. 87, p. 841-846, 1988.