

Avaliação do uso de diferentes fontes e doses de zinco sobre a produção e fitodisponibilidade de metais no capim tânzania*Evaluation of the use of different sources and doses of zinc for the production and bioavailability of metals in tanzania grass*Herbert Nacke¹, Affonso Celso Gonçalves Junior², Gustavo Lindner³, Lucas Wachholz³, Diego Rodrigo Lambert³

RESUMO: O zinco (Zn) é um micronutriente essencial para as plantas, sendo a utilização da fertilização de forrageiras com este elemento importante, pois grande parte dos solos no Brasil possuem concentrações deficientes deste micronutriente. O presente trabalho teve por objetivo avaliar a produção de matéria seca do capim tânzania (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia) e a disponibilização de Zn e dos metais pesados cádmio (Cd), chumbo (Pb) e cromo (Cr) no solo e no tecido vegetal de plantas fertilizadas com diferentes fontes (A, B, C, D e E) e doses de Zn (0, 2, 4, 6 kg ha⁻¹). O experimento foi realizado em casa de vegetação no município de Marechal Cândido Rondon-PR utilizando-se um Latossolo Vermelho eutrófico (LVe), de textura média. Observou-se que em relação à produtividade não houve diferença significativa, já em relação ao Zn contido na folha, podemos observar que a fonte A se diferenciou das demais, disponibilizando maior quantidade do micronutriente para o tecido vegetal. As fontes de Zn proporcionaram aumento do elemento tóxico Pb no solo do experimento e a fonte A proporcionou aumento na concentração deste elemento no tecido foliar. Fatos estes que devem ser levados em conta, pois fertilizações sucessivas podem aumentar as concentrações destes elementos nocivos no meio ambiente.

PALAVRAS-CHAVE: Forrageiras, micronutriente, *Panicum maximum*

ABSTRACT: The zinc (Zn) is an essential micronutrient for plants, being the fertilization of forage plants with this element of great importance, because a large part of the Brazilian soils present low concentrations of this micronutrient. The present work aimed to evaluate the production of dry matter from Tanzânia grass (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia) and the availability of Zn and heavy metals such as cadmium (Cd), lead (Pb) and chromium (Cr) in soil and leaf tissue of plants fertilized with different sources (A, B, C, D and E) and doses of Zn (0, 2, 4, 6 kg ha⁻¹). The experiment was performed in a greenhouse at Marechal Cândido Rondon-PR using a Rhodic eutrudox of medium texture. It was observed in relation to productivity was not found significant difference, however in relation to Zn in leaf tissue, it is observed that the source A differed from others, providing higher quantity of micronutrient for the leaf tissue. The sources of Zn provided increase in the concentration of this element in the leaf tissue. Facts that must be taken into consideration, because successive fertilizations may increase the concentration of these harmful elements in the environment.

KEYWORDS: Forage, micronutrient, *Panicum maximum*

INTRODUÇÃO

A baixa produtividade de forrageiras no Brasil é uma das principais causas da pouca competitividade da produção animal a pasto em relação a outros sistemas agropecuários. Isso se deve em parte, a falta de conhecimento entre os agricultores dos limites de utilização da forragem sobre a fertilização mineral desta cultura.

As forrageiras apresentam mediana exigência nutricional. Os fertilizantes utilizados tradicionalmente pelos agricultores na fertilização dessa cultura apresentam

em sua maioria apenas os macronutrientes, deixando de fora os micronutrientes, que também são necessários para obtenção de produtividade satisfatória e qualidade das plantas. Porém, ainda surgem dúvidas sobre a utilização dos micronutrientes, por parte dos agricultores, com relação à utilização de forma sustentável e equilibrada.

Alguns trabalhos publicados apontam críticas bastante rígidas à algumas indústrias de fertilizantes, que estão utilizando resíduos contaminados como metais pesados como cádmio (Cd), chumbo (Pb) e cromo (Cr) na fabricação deste insumos, prejudicando o meio ambiente

*Autor para correspondência

Recebido para publicação em 20/11/2013; aprovado em 15/12/2013

¹Doutorando em Agronomia, UNIOESTE, Centro de Ciências Agrárias, Marechal Cândido Rondon/PR, Brasil. E-mail: thomaz.lopez@superig.com.br

²Pós-doutor em Ciências Ambientais, Prof. Associado da UNIOESTE. E-mail: affonso133@hotmail.com.

³Zootecnista, UNIOESTE, Centro de Ciências Agrárias, Marechal Cândido Rondon/PR, Brasil. E-mails: coxamcr@hotmail.com; lucaswach@hotmail.com; diego_lambert@hotmail.com.

(GONÇALVES Jr. et al, 2011; NAVA et al., 2011; NACKE et al., 2013).

Desta forma, objetivou-se com este trabalho estudar o desempenho de diferentes fontes e doses de zinco (Zn) no rendimento da capim tanzânia e na disponibilização dos metais pesados Cd, Pb e Cr, e presentes nas fontes deste micronutriente, para o solo e as plantas.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, *campus* de Marechal Cândido Rondon, com coordenadas geográficas de 24° 26' e 24° 46' de latitude Sul, 53° 57' e 54° 22' de longitude Oeste e altitude de 420

m. Foram utilizados vasos com capacidade de 4 dm³ desolo, sendo o mesmo classificado como Latossolo Vermelho eutrófico (LVe) (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2006) o qual foi coletado no município de Palotina-PR, na profundidade de 0 a 20 cm, apresentando textura média (312 g kg⁻¹ de argila, 155 g kg⁻¹ de silte e 533 g kg⁻¹ de areia).

A Tabela 1 apresenta os resultados da análise química do solo antes da instalação do experimento. Como metodologia para análise foi utilizado o manual de análises químicas de solo do Instituto Agrônomo do Paraná (PAVAN et al., 1992). As análises laboratoriais foram realizadas no Laboratório de Química Analítica e Instrumental da Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Unioeste.

Tabela 01: Análise química do solo utilizado no experimento

pH (CaCl ₂)	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H+Al	SB	CTC	C	P	Cu	Zn	Fe	Mn	V%
	cmolc dm ⁻³						g dm ⁻³	mg dm ⁻³			%		
5,55	0,56	4,94	1,40	2,77	6,90	9,67	10,25	8,73	6,20	6,70	78,00	88,00	71,35

H+Al (acidez potencial), SB (soma de bases), CTC (capacidade de troca catiônica), C (carbono orgânico), V% (saturação por bases), Cu, Zn, Fe e Mn extraídos por Mehlich⁻¹.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 5x4, com os tratamentos compostos por cinco fontes de Zn (fontes A, B, C, D, E), quatro doses (0, 2, 4, 6 kg ha⁻¹) e três repetições, totalizando 60 parcelas experimentais.

As cinco fontes de Zn utilizadas neste experimento apresentavam-se na forma de grânulos provenientes de cinco diferentes empresas, produzidas a partir de duas matérias primas, sendo elas o óxido de Zn (ZnO) e as chamadas fritas (FTE), que são micronutrientes fundidos com silicatos, assim, as fontes foram classificadas da seguinte maneira:

Fonte A - granulado de FTE com 150 mg kg⁻¹ de Zn da empresa 1;

Fonte B- granulado de FTE com 100 mg kg⁻¹ de Zn da empresa 2;

Fonte C- granulado de FTE com 150 mg kg⁻¹ de Zn da empresa 3;

Fonte D- granulado de FTE com 150 mg kg⁻¹ de Zn da empresa 4;

Fonte E- granulado de ZnO com 150 mg kg⁻¹ de Zn da empresa 5.

Antes da instalação do experimento foram realizadas ainda análises químicas para a quantificação dos metais pesados Cd, Pb e Cr no solo de cultivo e nos fertilizantes (Tabela 2), sendo utilizada a digestão nitroperclórica (AOAC, 2005) e determinações por técnicas de espectrometria de absorção atômica modalidade chama (EAA-chama) (WELZ e SPERLING, 1999).

Tabela 02: Concentrações em mg g⁻¹ dos metais pesados Cd, Pb e Cr no solo e nos fertilizantes utilizados no experimento

Amostra	Cd	Pb	Cr
Solo	<LQ	24,63	<LQ
Fonte A	211,77	11039,46	1347,45
Fonte B	237,19	2011,39	33,21
Fonte C	115,08	1380,96	27,62
Fonte D	203,82	9872,82	1304,42
Fonte E	178,89	2746,82	309,87
Superfosfato Simples	5,33	23,00	15,67
Uréia	5,00	18,00	47,33

LQ (limites de quantificação): Cd = 0,005; Pb = 0,01; Cr = 0,01.

Visando adequar a fertilidade do solo aos teores propostos por RAIJ et al. (1997), que é de 70 kg ha⁻¹, foi realizada antes do plantio uma fertilização com 0,87 g de superfosfato simples por vaso (388,89 kg ha⁻¹).

A semeadura realizou-se no dia 3 de novembro de 2011, utilizando-se 15 sementes por vaso, sendo que cinco dias após a emergência (DAE) foi realizado o desbaste deixando-se um total de quatro plantas por vaso.

Durante todo o período experimental, foram realizadas regas diárias, que tinham por objetivo atingir a capacidade de campo dos vasos, evitando assim o estresse hídrico das plantas.

Aos 30 DAE realizou-se um corte nas plantas a 5 cm de altura para sua homogeneização e a aplicação dos tratamentos com as diferentes fontes e doses de Zn. A partir desta data, foi realizada ainda a aplicação de N na forma de uréia (RAIJ et al., 1997), de modo que as aplicações deste fertilizante foram parceladas em 8 aplicações semanais, sendo aplicado um total de 0,2 g por vaso (88,8 kg ha⁻¹).

Aos 70 DAE realizou-se um corte nas plantas para avaliação da produção de matéria seca e quantificação dos elementos Zn, Cd, Pb e Cr. Aos 100 DAE foi realizado o segundo corte com o mesmo propósito. Nos dois cortes, após a coleta do material vegetal foi realizada a sua lavagem em água destilada e desidratação em estufa de circulação forçada de ar a temperatura de 65 °C até a por 48 h.

Após a coleta do tecido foliar do segundo corte foram coletadas amostras do solo dos vasos para a avaliação das concentrações dos elementos P, Zn, Cd, Pb e Cr. Após coletadas as amostras foi realizada a desidratação em estufa de circulação forçada de ar a temperatura de 45 °C por 48 h.

A produção de matéria seca foi obtida com a pesagem do material vegetal após sua secagem, sendo os valores extrapolados para a produtividade de kg ha⁻¹. Para a quantificação da concentração dos elementos Zn, Cd, Pb e Cr no material vegetal e no solo será utilizada a mesma metodologia usada para os fertilizantes e solo descrita anteriormente.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância com auxílio do programa SISVAR (FERREIRA, 2003) utilizando-se o teste Tukey para comparação entre as médias e regressão polinomial para avaliação do efeito das doses em caso de significância pelo teste F a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Comparando as concentrações dos metais pesados tóxicos Cd e Pb obtidos na análise dos fertilizantes com os valores de estipulados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) por meio da Instrução Normativa nº 27 de 2006 (BRASIL, 2006) observa-se que apenas a fonte A apresenta valores superiores de Pb (11039,46 mg kg⁻¹) (Tabela 2), sendo que

os valores máximos permitidos de Pb são 10000,00 mg kg⁻¹ e de Cd 450,00 mg kg⁻¹.

Nas análises químicas realizadas neste trabalho não foram detectados teores de Cd, Pb e Cr no tecido foliar das plantas e de Cd e Cr no solo. Porém, deve-se destacar que estes resultados não garantem que não houve acúmulo destes metais nas plantas e solos avaliados, podendo estar abaixo do limite de detecção do método utilizado (EAA-chama).

O fato de não terem sido detectadas concentrações de Cd, Pb e Cr no primeiro corte e de Cd e Cr no segundo corte no tecido foliar, pode ser considerado normal, uma vez que as plantas podem absorver quantidades significativas de metais pesados como o Cd, Pb e Cr, mas esses metais, em geral, são pouco translocados para as partes aéreas (MALAVOLTA, 2006).

Os resultados da análise de variância (Tabela 3) para a variável Pb do segundo corte mostraram que ocorreram diferenças significativas (P<0,05) neste trabalho. Contudo, os valores do elemento no solo do experimento não apresentaram significância (P> 0,05) de acordo com a Tabela 3.

Segundo Kabata-Pendias e Pendias (2001) os teores toleráveis do elemento tóxico Pb em cultivos agrícolas encontram-se entre 0,5 e 10 mg kg⁻¹, sendo que neste experimento as fontes A e B disponibilizaram respectivamente 38,33 e 18,42 mg kg⁻¹ de Pb para o tecido foliar no segundo corte e a média da quantidade de Pb contida no tecido vegetal ficou em 13,75 mg kg⁻¹ (Tabela 3). Sendo assim pode-se constatar que nos casos acima citados, houveram concentrações críticas nas plantas. Estes valores devem ser considerados como preocupantes, levando em conta que foram obtidos com apenas uma fertilização. Isto evidencia que existe a necessidade da realização de maiores estudos sobre a fertilização mineral com micronutrientes e sobre a contaminação ambiental com metais pesados.

Comparando os teores de Pb obtidos no solo após o experimento (13,75 mg kg⁻¹) (Tabela 3) com os valores estabelecidos pela resolução nº 420 do CONAMA (BRASIL, 2009), observa-se que estes encontram-se abaixo do limite estipulado para a categoria de VP (Valor de Prevenção), (72 mg kg⁻¹ de Pb).

Também pode-se observar que os teores de Pb no solo citado acima e encontram-se acima da média dos solos agrícolas dos Estados Unidos (10,6 mg kg⁻¹), Polônia (20,9 mg kg⁻¹) e mundial (25 mg kg⁻¹) (KABATA-PENDIAS; PENDIAS, 2001).

Os resultados da análise de variância (Tabela 4) para a variável produção de matéria seca em ambos os cortes mostraram que não ocorreram diferenças significativas (P>0,05) para nenhuma das fontes de variação deste trabalho. Contudo, os valores de Zn na matéria seca do primeiro corte apresentaram significância (P < 0,05) para as fontes de Zn utilizadas, sendo que a fonte de Zn A apresentou valores superiores à fonte E.

Tabela 03: Resumo da análise de variância e teste de médias para teores de metal pesado Pb no tecido foliar e solo do experimento fertilizado com diferentes fontes e doses de Zn

Fonte	Pb foliar 2º corte	
	-----mg kg ⁻¹ -----	
A	38.33 ^a	15.92
B	18.42 ^b	13.25
C	0.67 ^b	12.42
D	7.42 ^b	15.08
E	8.42 ^b	12.08
Média	14,65	13,75
D.M.S. (5%)	18,78	6,30
F _{Fonte}	9.974*	1.16 ^{NS}
Dose (kg ha ⁻¹)		
0,0	20.13	14.27
2,0	15.73	14.13
4,0	14.93	15.33
6,0	7.80	11.27
Média	14,65	13,75
D.M.S.	15,76	5,29
F _{dose}	1.51 ^{NS}	1.56 ^{NS}
F _{fonte x Dose}	0.87 ^{NS}	1.25 ^{NS}
C.V. (%)	109.90	39.31

* (significativo pelo teste F Fischer a 5% de probabilidade), N.S. (Não significativo pelo teste F de Fischer a 5% de probabilidade)

Tabela 04: Resumo da análise de variância e teste de médias para produtividade de matéria seca e teor de Zn foliar em plantas de *Panicum maximum* fertilizadas com diferentes fontes e doses de Zn

Fonte	MS 1ºcorte	MS 2ºcorte	Zn foliar 1ºcorte	Zn foliar 2ºcorte
	----- kg ha ⁻¹ -----		-----mg kg ⁻¹ -----	
A	3532,25	2630,00	12,25 ^{ab}	15,92
B	3909,17	2707,00	11,00 ^{ab}	13,25
C	3975,50	2789,00	12,42 ^a	12,42
D	4073,67	2720,42	10,92 ^{ab}	15,08
E	3795,25	2821,08	9,67 ^b	12,08
Média	3857,16	2733,57	11,25	13,75
D.M.S. (5%)	855,82	441,83	2,10	6,30
F _{Fonte}	0,94 ^{NS}	0,47 ^{NS}	3,24*	1,16 ^{NS}
Dose (kg ha ⁻¹)				
0,0	3666,60	2787,73	10,87	14,27
2,0	3876,80	2728,34	11,13	14,13
4,0	4182,53	2617,80	10,93	15,33
6,0	3702,73	2800,40	10,53	11,27
Média	3857,16	2733,56	11,25	13,75
D.M.S.	718,42	370,89	1,76	5,29
F _{dose}	1,545 ^{NS}	0,726 ^{NS}	0,29 ^{NS}	1,55 ^{NS}
F _{fonte x Dose}	0,994 ^{NS}	1,054 ^{NS}	0,57 ^{NS}	1,25 ^{NS}
C.V. (%)	19,02	13,86	16,59	39,31

* (Significativo pelo teste F de Fischer a 5% de probabilidade), N.S. (Não significativo pelo teste F de Fischer a 5% de probabilidade).

A não ocorrência de diferença na produtividade pode estar relacionada ao nível inicial de Zn no solo ($6,70 \text{ mg dm}^{-3}$) que pode ter suprido as necessidades da cultura. Em trabalho semelhante, Manarin (2005) também não encontrou efeito na produtividade de matéria seca trabalhando com diferentes fontes e doses de Zn nesta em capim tanzânia. Portanto falta de efeito da aplicação de Zn sobre a produção da gramínea deste estudo deve-se a baixa exigência nutricional desta espécie que é de 20 a 50 mg kg^{-1} (RAIJ et al., 1997).

A produção de matéria seca no primeiro e no segundo corte foi de 3,857 e 2733 kg ha^{-1} respectivamente (Tabela 4). Sória et al. (2003) em experimento com capim tanzânia obteve em média 2817 kg ha de matéria seca, valor este que se comparado ao obtido no presente trabalho pode ser considerado baixo quando comparado ao primeiro corte e sendo o mesmo semelhante ao obtido no segundo corte

O valor de Zn no tecido foliar que é de 11,25 mg kg^{-1} , (Tabela 4) que pode ser considerado baixo se comparado com o valor recomendado pelo National Research Council (1996), que sugere que bovinos de corte ingiram cerca de 40 mg kg^{-1} do nutriente, o que indica que uma pastagem com estes teores do mineral não será capaz de atender as exigências de Zn, fazendo com que ocorra a necessidade de se fazer uma suplementação deste elemento aos animais. No entanto se este valor for comparado aos valores recomendados por Macdowell (1976) que é de 10 a 50 mg kg^{-1} , o mesmo pode ser considerado como suficiente, mesmo estando próximo do valor mínimo estipulado.

CONCLUSÕES

Houve acúmulo do metal pesado tóxico Pb na parte aérea por meio da aplicação das fontes de Zn. Em apenas uma aplicação, a fonte de Zn disponibilizou Pb para as plantas em concentração considerada alta.

As fontes de Zn utilizadas neste experimento proporcionaram o aumento das concentrações do metal pesado tóxico Pb no solo.

Já em relação à produtividade, a fertilização do capim tanzânia com diferentes fontes e doses de Zn não demonstra efeito na produção de matéria seca em condições de solo com boa disponibilidade deste elemento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AOAC. Official methods of analysis. 18 ed. Maryland: AOAC, 2005.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa 27. Brasília, DF, 2006, 3p.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução 420. Brasília, DF, 2009, 16p.

- DAHER, E. Uma crise de demanda. DBO Agrotecnologia, São Paulo, v.5, n.5, p.27-27, 2008.
- DOMINGUES, T.C.G. Teor de metais pesados em solo contaminado com resíduo de sucata metálica, em função de sua acidificação. Campinas: IAC, 2009, 86p, Dissertação de Mestrado.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.
- FERREIRA. D.F. SISVAR: Sistemas de análises estatísticas. UFLA, Lavras, MG, Brasil. 2003.
- GONÇALVES Jr., A.C.; NACKE, H.; SCHWANTES, D.; NAVA, I.; STREY, L. Phytoavailability of toxic heavy metals and productivity in wheat cultivated under residual effect of fertilization in soybean culture. Water Air and Soil Pollution, v.220, p.205-211, 2011.
- KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. Trace Elements in Soils and Plants. 3ed. London: CRC Press, p.403, 2001.
- MALAVOLTA, E. Elementos benéficos e tóxicos. In: MALAVOLTA, Eurípedes (Org.). Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. p.418-511.
- MCDOWELL, L.R. Mineral deficiencies and toxicities and their effect on beef production in developing countries. In: SMITH, A.J. (Ed). Beef cattle production in developing countries. Edinburg : Centre for Tropical Veterinary Medicine of the University of Edinburg, 1976. p. 216-241.
- NACKE, H.; GONÇALVES Jr, A.C.; SCHWANTES, D.; NAVA, I.A.; COELHO, G.F. Availability of heavy metals (Cd, Pb and Cr) in agriculture from commercial fertilizers. Archives of Environmental Contamination and Toxicology, New York, v.64, p.371-379, 2013.
- NAVA, I.A.; GONÇALVES Jr, A.C.; NACKE, H.; GUERINI, V.; SCHWANTES, D., Disponibilidade dos metais pesados tóxicos cádmio, chumbo e cromo no solo e tecido foliar da soja adubada com diferentes fontes de NPK+Zn. Ciência e Agrotecnologia. v. 35, n. 5, p. 884-892, 2011.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Nutrient requirements of beef cattle . 7.ed. Washington , DC : National Academy of Sciences, 1996. 234p.
- PAVAN, M.A.; BLOCH, M.F.; ZEMPULSKI, H.C.; MIYAZAWA, M.; ZOCOLER, D.C. Manual de análises químicas de solo e controle de qualidade. IAPAR, Londrina, PR, Brasil. 1992.
- RAIJ, B. CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. Recomendação de adubação e calagem para o estado de São Paulo. 2. d. ver. Atual. Campinas: Instituto Agronômico Fundação IAC, 1997,285p.

- SORIA, L.G.T.; COELHO, R.D.; HERLING V.R.; PINHRIRO, V. Resposta do capim Tanzânia a aplicação do nitrogênio e de lâminas de irrigação. I: Produção de forragem. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.7, n.3, p.430-436, 2003.
- SOUZA, F. H. D. *Panicum maximum* Brazil. In: LOCH, D.S.; FERGUSON, J. E. Forage seed production. v. 2. Tropical and subtropical species. New York: CABI, p. 363-370, 1999.
- WELZ, B.; SPERLING, M. Atomic Absorption Spectrometry. 2ed. Wiley-VCH, Weinheim, BW, Alemanha. 1999.