



Eficiência de absorção, transporte e utilização de manganês na produção de *Brachiaria humidicula*.

Everton Martins Arruda⁽¹⁾; Rilner Alves Flores⁽²⁾; Leonardo Santos Collier⁽²⁾; Rosana Alves Gonçalves⁽³⁾; Gustavo de Melo Oliveira Gonçalves⁽³⁾; Ricardo Alexandre Florentino Barbosa⁽³⁾.

⁽¹⁾ Doutorando do curso de Pós-Graduação em Agronomia (Solo e Água), Universidade Federal de Goiás; Goiânia, Goiás. E-mail: arruda.solos@gmail.com

⁽²⁾ Professor da Escola de Agronomia; Universidade Federal de Goiás; Goiânia, Goiás;

⁽³⁾ Mestrando(a) do curso de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Goiás; Goiânia, Goiás.

RESUMO: As informações sobre a nutrição mineral para forrageiras do gênero *Brachiaria* (Syn. Urochloa) ainda são bastante incipientes, especialmente para o manganês. Diante disso, o objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência de absorção, transporte e utilização de manganês por plantas de *Brachiaria humidicula* em função da aplicação de Mn-fertilizante no solo. O estudo foi realizado em casa de vegetação com delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), constituídos de cinco doses de manganês, sendo 0 (controle), 15, 30, 60 e 120 mg dm⁻³, com quatro repetições. A partir da matéria seca e do conteúdo de manganês acumulado nas plantas, realizou-se os cálculos dos índices nutricionais que compreendem a eficiência de absorção, de translocação/transporte e, por fim, de utilização dos nutrientes para conversão em matéria seca. A aplicação de altas doses de Mn-fertilizante no solo promove o aumento da eficiência de absorção deste nutriente pelas plantas de *Brachiaria humidicula*, porém, em contrapartida, reduz a eficiência de utilização nas maiores doses aplicadas. Contudo, recomenda-se a aplicação de até 30 mg dm⁻³, sendo que esta dose aumenta em 29% a eficiência de absorção e 12 % a eficiência de utilização, não sendo viável a aplicação de doses maiores quando este já apresenta teor inicial no solo próximo a 44 mg dm⁻³.

Termos de indexação: Micronutrientes, pastagens, nutrição mineral.

INTRODUÇÃO

A *Brachiaria humidicula* tem apresentado grande expansão no trópico úmido sul-americano, em decorrência de sua alta capacidade de adaptação a solos ácidos e de baixa fertilidade natural (Martins et al., 2013). Este fato caracteriza a forrageira como importante espécie vegetal para pecuária da região central do Brasil. Porém, a sustentabilidade agrícola desta atividade só será possível com adoção de práticas de manejo adequadas que visam a manutenção e/ou recuperação da fertilidade do solo.

Assim, a prática agrícola que prioriza a restituição dos nutrientes exportados durante as

colheitas, em especial para os micronutrientes ganha importância em sistemas que visam altas produtividades tanto no sistema de cultivo solteiro ou consorciado com leguminosas (Vilela et al., 2007). Dentre os micronutrientes, o manganês (Mn) é necessário para o crescimento e desenvolvimento das plantas (Socha & Guerinot, 2014), tendo como uma das principais funções a sua participação doando elétrons para a fotossíntese. Ainda, é responsável por ativar enzimas, dentre elas a RNA polimerase, enzima málica e a carboxiquinase fosfoenol pirúvica (Malavolta, 2006) possuindo um papel indireto na síntese de proteínas e na multiplicação celular (Malavolta, 1980).

Pesquisas têm evidenciado a importância do manganês em forrageiras do gênero *Brachiaria* (Guirra et al., 2011; Silva et al., 2013). Ainda, a oferta de micronutrientes na nutrição animal também é importante, sendo uma dieta desbalanceada nutricionalmente pode afetar a taxa de natalidade em bovinos e o desenvolvimento reprodutivo, além de poder promover intoxicação (Prado, 2008a; Carvalho et al., 2010; Reis et al., 2014)

Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência de absorção, transporte e utilização de manganês da *Brachiaria humidicula* em função da aplicação de Mn-fertilizante no solo.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada em casa de vegetação na Universidade Federal de Goiás, dentre as coordenadas 16° 35' de latitude sul e 49° 21' de latitude oeste. O clima da região é o tipo climático Aw (Megatérmico) de acordo com a classificação de Köppen. Aproximadamente 730 m de altitude e precipitação média anual de 1600 mm.

Os tratamentos foram constituídos por doses de manganês, sendo 0 (controle), 15, 30, 60 e 120 mg dm⁻³, na forma de sulfato de manganês (35,5% de Mn), dispostos em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com quatro repetições. Cada unidade experimental foi constituída por vaso com capacidade de 4 dm³, preenchido com 3,5 dm³ de amostras de Latossolo Vermelho distrófico argiloso (Embrapa, 2013). A análise química inicial do solo



apresentou as seguintes propriedades: pH: 5,0; Matéria Orgânica: 2,0 g dm⁻³; P: 5,5 mg dm⁻³; K: 60 mmol_c dm⁻³; Ca: 2,7 mmol_c dm⁻³; Mg: 0,5 mmol_c dm⁻³; B: 0,21 mg dm⁻³; Cu: 2,8 mg dm⁻³; Fe: 82 mg dm⁻³; Mn: 44 mg dm⁻³; Zn: 4,6 mg dm⁻³; (H+Al): 1,8 mmol_c dm⁻³; CTC: 5,2 mmol_c dm⁻³; Saturação de bases (V%): 65,1%. A análise granulométrica apresentou 432 g kg⁻¹ de argila.

Realizou-se calagem utilizando calcário calcinado (CaO=58,5%; MgO=9%; PN=127%; PRNT=99,4%), objetivando atingir saturação de bases igual a 80%, mantendo o solo úmido (60% da capacidade de retenção), incubada durante período de 30 dias.

A adubação básica foi pela aplicação na massa de solo em forma de solução nutritiva com as seguintes doses de micronutrientes: 1,5 mg dm⁻³ de Cu (CuSO₄.5H₂O p.a.), 0,8 mg dm⁻³ de B (H₃BO₃p.a.), 0,15 mg dm⁻³ de Mo (NaMoO₄.2H₂O p.a.), 4,0mg 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 no solo as seguintes doses de macronutrientes: 305 mg dm⁻³ de P, na forma de superfosfato simples (Mesquita et al., 2004); 150 mg dm⁻³ de N na forma de ureia, 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); e 200 mg dm⁻³ de K (KCl p.a.) (Bonfim et al., 2004). Os tratamentos (doses de Mn) foram aplicados na superfície do solo e incorporados a 10 cm de profundidade.

Realizou-se a sementeira da *Brachiaria humidicula* em setembro de 2014. Após a germinação das plantas, aproximadamente com 10 dias de crescimento, foi realizado o desbaste deixando apenas 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 60 dias após a sementeira, realizou-se o primeiro corte das plantas para avaliação da massa seca da parte aérea. Aos 34 dias após o primeiro corte, foi realizado o segundo corte, separando-se a parte aérea do sistema radicular. Nos tecidos vegetais, parte aérea e raiz, foram determinados os teores de manganês da planta, segundo o método descrito por Bataglia et al. (1983). A seguir, calculou-se o acúmulo de Mn na parte aérea a partir dos dados do teor de Mn no tecido foliar e do acréscimo de massa seca.

A partir da matéria seca e do conteúdo dos nutrientes na planta, realizou-se os cálculos dos índices nutricionais que compreendem a eficiência de absorção, de translocação/transporte e, por fim, de utilização dos nutrientes para conversão em matéria seca (Prado, 2008b). A eficiência de absorção (Ef_{abs}) foi calculada pela seguinte equação: Ef_{abs} = (conteúdo total de nutrientes na planta)/(matéria seca de raízes) (Swiader et al.,

1994). A eficiência de translocação (Ef_{trans}) foi calculada pela seguinte equação: Ef_{trans} = [(conteúdo do nutriente na parte aérea)/(conteúdo total do nutriente na planta)] x 100 (Li et al., 1991). Já o cálculo da eficiência de utilização (Ef_{uti}) foi feito através da seguinte equação: Ef_{uti} = (matéria seca total produzida)²/(conteúdo total do nutriente na planta) (Siddiqi & Glass, 1981).

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F, utilizando o software SISVAR (Ferreira, 2008) e, em seguida, aplicou-se a análise de regressão polinomial. Foram testados os modelos matemáticos lineares e quadráticos, 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. As variáveis foram correlacionadas pelo teste de correlação linear de Pearson (Sigma-plot).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As eficiências de absorção e de utilização foram afetadas significativamente com ajustes lineares ao nível de 1% de probabilidade com aplicação de manganês no solo (**Tabela 1**).

Nota-se que houve incrementos de 19, 29, 59 e 128% na eficiência de absorção em relação ao tratamento controle, com uso das doses de 15, 30, 60 e 120 mg dm⁻³ de manganês aplicada no solo, respectivamente. Entretanto, apenas o uso das doses de 15 e 30 mg dm⁻³ de manganês apresentaram aumentos na eficiência de utilização do nutriente em relação ao tratamento controle, em 02 e 12%, respectivamente. O uso das doses 60 e 120 mg dm⁻³ apresentaram reduções de 12 e 49% na eficiência de utilização de manganês pelas plantas de *Brachiaria humidicula*, respectivamente (**Figura 1**). A eficiência de absorção e utilização apresentaram correlação negativa (r = - 0,86**).

A eficiência de transporte não foi afetada pela aplicação de manganês, a qual apresentou eficiência média de 85,7%, ou seja, em média, de todo a quantidade absorvida de manganês, 85,7% era transportada para a parte aérea da forrageira (**Tabela 1**).

O aumento da eficiência de absorção de Mn no solo pelas plantas de *Brachiaria humidicula* demonstram a ocorrência de condições favoráveis de absorção deste nutriente na solução do solo, como reduzido teor de matéria orgânica e baixo pH do solo (Prado, 2008b) utilizado neste experimento.

A redução da eficiência de utilização do manganês pelas plantas pode estar associada a um mecanismo de defesa da planta ao excesso de Mn presente na solução do solo (Hernandes et al., 2010). Diversos mecanismos de tolerância ao excesso de Mn têm sido verificados na restrição da absorção pelas raízes, diminuição a ascensão de



Mn no xilema, através do sequestro de Mn pelo apoplasto (Schaaf et al., 2002). Porém, isto não pode ser confirmado nesta pesquisa pelo maior acúmulo de manganês que ocorreu na parte aérea da *Brachiaria humidicola*, quando comparado às raízes.

Não foram verificados sintomas de deficiência de manganês nas plantas que estiveram sem fertilização com Mn, o que pode se relacionar à quantidade presente no solo antes do experimento (44 mg dm^{-3}), suficiente para suprir a necessidade de Mn para as plantas (Raj et al., 1997).

No primeiro corte quando a dose utilizada foi de 120 mg dm^{-3} surgiram sintomas visuais de toxidez de Mn somente pela redução do crescimento vegetal das plantas. Porém, no segundo corte, além da redução do crescimento vegetal, foram observados sintomas graves de desordens nutricionais, como a presença de pontuações marrons nas folhas (Wissemeier & Horst, 1992), necrose de tecidos (Oliveira et al., 2007).

CONCLUSÕES

A fertilização com altas doses de manganês no solo promove aumento da eficiência de absorção deste nutriente pelas plantas de *Brachiaria humidicola*, porém, em contrapartida, reduz a eficiência de utilização. No entanto, recomenda-se o uso da dose de 30 mg dm^{-3} , pois apresenta aumento de 29% na eficiência de absorção e aumento de 12% na eficiência de utilização.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem as agências de fomento pelo auxílio através de bolsas e financiamento para a divulgação do trabalho: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) e à Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG).

REFERÊNCIAS

- BATAGLIA, O. C.; FURLANI, A. M. C.; TEIXEIRA, J. P. F.; FURLANI, P. R. Métodos de análise química de plantas. Campinas: Instituto Agronômico, 1983. 48p.
- 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, 28:281-288, 2004.
- CARVALHO, P. R.; PITA, M. C. G.; LOUREIRO, J. E.; TANAKA, H. R.; RIBEIRO, J. C. S. Manganese deficiency in bovines: Connection between manganese metalloenzyme dependent in gestation and congenital defects in newborn calves. Pakistan Journal of Nutrition, 9:488-503, 2010.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Sistema Brasileiro de classificação de Solos. 3.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013. 350p.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: Um programa para análises e ensino de estatística. Revista Científica Symposium, 6:36-41, 2008.
- GUIRRA, A. P. P. M.; FIORENTIN, C. F.; PRADO, R. M.; CAETANO, M. C. T.; FELICI, A. C. Tolerância do Capim Marandú a doses de manganês. Bioscience Journal, 27:413-419, 2011.
- HERNANDES, A.; NATALE, W.; CAZATTA, J. O.; ROZANE, D. E.; SOUZA, H. A.; ROMUALDO, L. M. Influência do manganês no crescimento e na composição mineral de mudas de caramboleira. Revista Brasileira de Fruticultura, 32:1220-1230, 2010.
- LI, B.; MCKEAND, S. E.; ALLEN, H. L. Genetic variation in nitrogen use efficiency of loblolly pine seedlings. Forest Science, 37:613-626, 1991.
- MALAVOLTA, E. Elementos de nutrição mineral das plantas. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1980. 251p.
- MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2006. 638p.
- MARTINS, C. D. M.; EUCLIDES, V. P. B.; BARBOSA, R. A.; MONTAGNER, D. B.; MIQUELOTO, T. Consumo de forragem e desempenho animal em cultivares de *Urochloa humidicola* sob lotação contínua. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 48:1402-1409, 2013.
- MESQUITA, E. E. PINTO, J. C.; FURTINI NETO, E.; SANTOS, I. P. A.; TAVARES, V. B. Teores críticos de fósforo em três solos para o estabelecimento de capim Mombaça, capim Marandu e capim Andropogon em vasos. Revista Brasileira de Zootecnia, 33:290-301, 2004.
- OLIVEIRA, P. P. A.; MARCHESIN, W.; LUZ, P. H. C.; HERLING, V. R. Guia de identificação de deficiências nutricionais em *Brachiaria brizantha* cv. marandu. Comunicado Técnico 76, São Carlos, 2007. 38p.
- PRADO, R. M. Manual de nutrição de plantas forrageiras. Jaticabal: FUNEP, 2008. 500p.
- PRADO, R. M. Nutrição de Plantas. São Paulo: Editora Unesp, 2008. 407p.
- RAIJ, B. V.; 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.
- REIS, L. S.; RAMOS, A. A.; CAMARGO, A. S.; OBA, E. Effect of manganese supplementation on the membrane integrity and the mitochondrial potential of the sperm of grazing nelore bulls. Animal Reproduction Science, 150:1-6. 2014.

SCHAAF, G.; CATONI, E.; FITZ, M.; SCHWACKE, R.; VONWIREN, N.; FROMMER, W.B. A putative role for the vacuolar calcium/manganese proton antiporter AtCAX2 in heavy metal detoxification. *Plant Biol.* 4:612–618, 2002.

SIDDIQI, L. M.; GLASS, A. D. M. Utilisation index: a modified approach to the estimation and comparison of nutrient utilization efficiency in plants. *Journal of Plant Nutrition*, 4:289-302, 1981.

SILVA, T. R. et al. Manganês no crescimento e na produção de massa seca de capim-braquiária cultivado em Latossolo Vermelho distrófico. *Científica*, 41:94–98, 2013.

SOCHA, A. L. & GUERINOT, M. L. Mn-euvering manganese: the role of transporter gene family member

sin manganese up take and mobilization in plants. *Frontiers in Plant Science*, 5:1-16, 2014.

SWIADER, J. M. et al. Genotypic differences in nitrate uptake and utilization efficiency in pumpkin hybrids. *Journal of Plant Nutrition*, 17:1687-1699, 1994.

VILELA, L.; MARTHA JUNIOR, G. B.; SOUZA, D. M. G. de. Adubação potássica e com micronutrientes. In: MARTHA JUNIOR, G.; VILELA, L.; SOUZA, D. M. G. de. Cerrado: Uso Eficiente de Corretivos e Fertilizantes em Pastagens. Planaltina, Embrapa. 2007. p.179-187.

WISSEMEIER, A. H.; HORST, W. J. Effect of light intensity on manganese toxicity symptoms and calloseformation in cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). *Plant and Soil*, Dordrecht, 143: 299-309, 1992.

Tabela 1 - Eficiência de absorção, eficiência de translocação e eficiência de utilização de manganês de plantas de *Brachiaria humidicula*, em função da aplicação de doses de manganês no solo.

| Doses de Manganês mg dm ⁻³ | Eficiência de Absorção mg g ⁻¹ | Eficiência de Translocação % | Eficiência de Utilização mg g ⁻¹ |
|--|--|---------------------------------|--|
| 0 | 1,27 | 86,12 | 29,54 |
| 15 | 1,52 | 85,90 | 30,19 |
| 30 | 1,65 | 85,09 | 33,12 |
| 60 | 2,03 | 84,27 | 24,71 |
| 120 | 2,91 | 87,10 | 15,63 |
| Teste F | 17,21** | 0,28 ^{ns} | 8,54** |
| C.V. (%) | 16,39 | 4,69 | 17,61 |
| ¹ RL | 68,60** | 0,13 ^{ns} | 28,54** |
| ² RQ | 0,11 ^{ns} | 0,93 ^{ns} | 2,44 ^{ns} |

(¹)Regressão Linear; (²)Regressão Quadrática; n.s., *, ** – não-significativo à 5%; significativo a 5% e significativo a 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

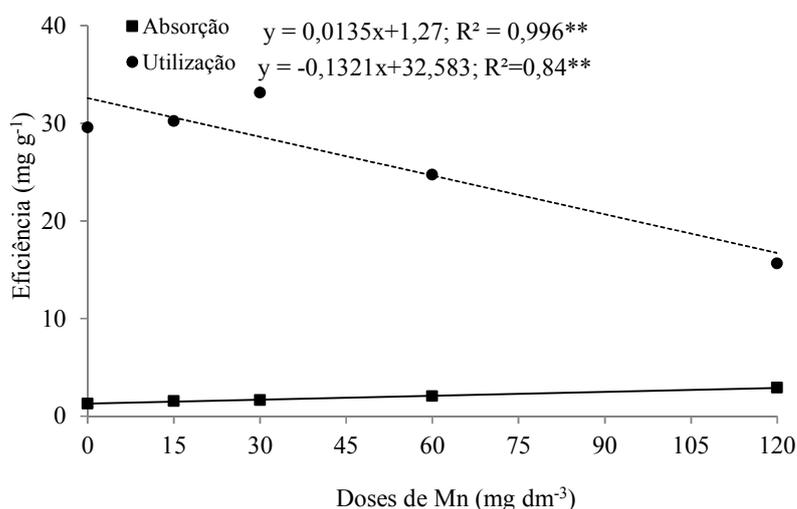


Figura 1 - Eficiência de absorção e utilização de Manganês em plantas de *Brachiaria humidicula*, em função da aplicação de doses de manganês no solo. ** significativo à 1% de probabilidade pelo teste F.