

Sintomas Visuais de Deficiências Nutricionais em grama-do-cerrado (*Mesosetum chaseae*)



Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 110

Sintomas Visuais de Deficiências Nutricionais em grama-do-cerrado (*Mesosetum chaseae*)

Diego Antonio França de Freitas
Plínio Henrique Oliveira Gomide
Márcia Rufini
Henrique Gualberto Vilela Penha
Evaldo Luis Cardoso
Marx Leandro Naves Silva
Sandra Aparecida Santos
Janice Guedes de Carvalho

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Pantanal

Rua 21 de Setembro, 1880, CEP 79320-900, Corumbá, MS

Caixa Postal 109

Fone: (67) 3234-5800

Fax: (67) 3234-5815

Home page: www.cpap.embrapa.br

E-mail: sac@cpap.embrapa.br

Comitê Local de Publicações:

Presidente: *Suzana Maria de Salis*

Membros: *Ana Maria Dantas Maio*

André Steffens Moraes

Vanderlei Doniseti Acassio dos Reis

Viviane de Oliveira Solano

Secretária: *Eliane Mary P. de Arruda*

Supervisora editorial: *Suzana Maria de Salis*

Normalização bibliográfica: *Viviane de Oliveira Solano*

Tratamento de ilustrações: *Eliane Mary P. de Arruda*

Fotos da capa e do texto: *Diego Antonio França de Freitas*

Editoração eletrônica: *Eliane Mary P. Arruda*

Disponibilização na home page: *Marilisi Jorge Cunha*

1ª edição

1ª impressão (2011): formato digital

Todos os direitos reservados.

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Pantanal

Sintomas visuais de deficiências nutricionais em grama-do-cerrado (*Mesosetum chauseae*). [recurso eletrônico] /

Diego Antonio França de Freitas... [et al.] – Dados eletrônicos – . Corumbá: Embrapa Pantanal, 2011.

17 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Pantanal, ISSN 1981-7215; 110).

Sistema requerido: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: <http://www.cpap.embrapa.br/publicacoes/online/BP110.pdf>

Título da página da Web (acesso em 20 dez. 2011).

1. Vegetação 2. Pastagem nativa I. Freitas, Diego Antonio França de. II. Gomide, Plínio Henrique Oliveira. III. Rufini, Márcia. IV. Penha, Henrique Gualberto Vilela. V. Cardoso, Evaldo Luis. VI. Silva, Marx Leandro. VII. Santos, Sandra Aparecida Naves. VIII. Janice Guedes de Carvalho. IX. Título. X. Embrapa Pantanal. XI. Série.

Sumário

Resumo	5
Abstract	6
Introdução	7
Material e Métodos	7
Resultados e Discussão	8
Sintomas Nutricionais	8
Macronutrientes.....	8
Micronutrientes.....	12
Índices Biométricos	14
Conclusões	15
Referências	15

Sintomas Visuais de Deficiências Nutricionais em grama-do-cerrado (*Mesosetum chaseae*)

*Diego Antonio França de Freitas*¹

*Plínio Henrique Oliveira Gomide*²

*Márcia Rufini*³

*Henrique Gualberto Vilela Penha*⁴

*Evaldo Luis Cardoso*⁵

*Marx Leandro Naves Silva*⁶

*Sandra Aparecida Santos*⁷

*Janice Guedes de Carvalho*⁸

Resumo

Em experimento de casa de vegetação, cultivou-se *Mesosetum chaseae* Lucas (grama-do-cerrado) em solução nutritiva, tendo como tratamentos a solução completa, as omissões individuais dos macronutrientes N, P, K, Ca, Mg, S e micronutrientes B, Zn, Fe e Mn. Fez-se o acompanhamento semanal da manifestação dos sintomas visuais de deficiência após o transplante, além de medições biométricas tais como altura máxima, número de perfilhos e produção da matéria seca da parte aérea (MSPA) e da raiz (MSR) da grama-do-cerrado. A forrageira grama-do-cerrado mostrou-se mais exigente em N, P e Fe demonstrando sintomas de deficiência na fase inicial de crescimento. Para os índices biométricos e de produção analisados, todos apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos. O Ca e o Mg foram os nutrientes menos limitantes para o crescimento e desenvolvimento da grama-do-cerrado.

Termos para indexação: Pastagem nativa, nutrição mineral, omissão de nutrientes.

¹ Doutorando em Ciência do Solo/UFLA, Caixa Postal 3037, 37200-000, Lavras, MG. diego_ufla@yahoo.com.br

² Doutorando em Ciência do Solo/UFLA, Caixa Postal 3037, 37200-000, Lavras, MG. pliniogomide@gmail.com

³ Doutorando em Ciência do Solo/UFLA, Caixa Postal 3037, 37200-000, Lavras, MG. marciarufini@yahoo.com.br

⁴ Doutorando em Ciência do Solo/UFLA, Caixa Postal 3037, 37200-000, Lavras, MG. henriquetualberto@yahoo.com.br

⁵ Agrônomo, Dr, Embrapa Pantanal, Caixa Postal 109, 79320-900 Corumbá, MS. evaldo@cpap.embrapa.br

⁶ Agrônomo, Dr, DCS/UFLA, Caixa Postal 3037, 37200-000, Lavras, MG. marx@dcs.ufla.br

⁷ Zootecnista, Dra, Embrapa Pantanal, Caixa Postal 109, 79320-900, Corumbá, MS. sasantos@cpap.embrapa.br

⁸ Agrônomo, Dr, DCS/UFLA, Caixa Postal 3037, 37200-000, Lavras, MG. janicegc@dcs.ufla.br

Visual Nutrient Deficiency Symptoms in the savanna grass (*Mesosetum chaseae*)

Abstract

In a greenhouse experiment, Mesosetum chaseae Luces (savanna grass) was grown in nutrient solution with the following treatments: complete solution, individual omissions of the macronutrients N, P, K, Ca, Mg, S and of the micronutrients B, Zn, Fe and Mn. Visual symptoms of deficiency after transplanting were monitored, as well as biometric measures such as height, number of tillers and dry matter production of the aerial part (MSPA) and radicular part (MSR) of the savanna Grass. The forage savanna grass was more demanding in N, P and Fe, showing deficiency symptoms in the initial phase of growth. Regarding the biometric and production indexes analyzed, significant differences between all treatments were shown. The Ca and Mg nutrients were less limiting to the growth and development of savanna grass.

Index terms: Native pasture, mineral nutrition, nutrient omission.

Introdução

O Pantanal Mato-Grossense apresenta campos planos de pastagens nativas com elevada diversidade de espécies forrageiras, que constituem a principal fonte de alimento para os herbívoros silvestres e para os animais domésticos, principalmente bovinos e equinos. No Pantanal há diversos tipos de pastagens naturais, variáveis na composição, disponibilidade e qualidade, sendo que estas pastagens variam principalmente em função da fitofisionomia de ocorrência e condições edafoclimáticas.

Nessa imensa planície inundável, a pecuária de corte se constitui na principal atividade econômica, porém, assim como nas demais regiões tropicais que criam bovinos extensivamente em pastagem nativa, apresenta baixos índices zootécnicos (SANTOS et al., 2002). Como alternativa para aumentar a oferta de forragens e elevar a produtividade da pecuária pantaneira têm sido promovido desmatamentos para a implantação de pastagem cultivada, gerando preocupação quanto à sustentabilidade desses agroecossistemas no Pantanal, uma vez que essas pastagens são implantadas em solos de textura arenosa, com baixa fertilidade natural e sem jamais realizar a correção de acidez e mesmo adubação (CARDOSO et al., 2011).

Um desafio enfrentado pelos produtores do Pantanal é a recuperação de pastagens degradadas, onde a ressemeadura ou plantio de espécies nativas pode ser uma alternativa válida, tanto para recuperação como para o melhoramento das pastagens nativas, por possibilitar aumento da densidade dos indivíduos, aumentando a capacidade de suporte de animais (ALLEM; VALLS, 1987).

Entre as espécies forrageiras nativas existentes no Pantanal com potencial produtivo, destaca-se a grama-do-cerrado (*Mesosetum chaseae* Luces), especialmente por apresentar alta produtividade, aceitabilidade pelos animais e resistência a condições de seca e solos pobres (SANTOS et al., 2002). Porém estes mesmos autores indicam a necessidade de realizar estudos sobre caracterização, domesticação e manejo desta espécie, visto que não apenas no Pantanal, mas em todo o Brasil, os estudos com forrageiras nativas ainda são incipientes.

A grama-do-cerrado é uma espécie perene, estolonífera e com perfilhamento intenso. Possui ampla distribuição no Pantanal, sendo encontrada principalmente nas áreas de topografia mais elevadas (caronal e campo cerrado) sem inundações e em campos limpos esporadicamente inundáveis, apresentando plasticidade de hábito e de desenvolvimento vegetativo nesses ambientes (ALVAREZ et al., 2004). Esta forrageira apresenta alta produção de matéria seca, excelente aceitação pelos bovinos e alta tolerância à seca extrema, constituindo-se numa espécie de grande importância para alimentação dos bovinos e equídeos durante o ano, principalmente nas áreas com predominância de campo-cerrado das sub-regiões arenosas do Pantanal (SANTOS; COMASTRI FILHO, 2005). Visando aumentar a produtividade desta forrageira um dos fatores a ser elucidado é o balanço adequado de nutrientes exigidos pela espécie, para facilitar a identificação das deficiências nutricionais no campo, a fim de corrigir o manejo para que se tenha boa produtividade.

Considerando a necessidade de melhor conhecimento das gramíneas nativas no Pantanal, visando o seu aproveitamento de forma racional, o objetivo deste trabalho foi caracterizar os sintomas visuais de deficiências nutricionais de macro e micronutrientes na produção de matéria seca e nos índices biométricos da grama-do-cerrado (*Mesosetum chaseae*).

Material e Métodos

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras, localizado entre 21° 14' de latitude sul e 45° 00' de longitude oeste, a altitude de 918 m, no período de setembro de 2010 a fevereiro 2011. As plantas da forrageira grama-do-cerrado foram propagadas via sementes, não sendo realizado nenhum tratamento para desinfestação e quebra de dormência.

As mudas foram produzidas em bandejas contendo substrato a base de vermiculita e areia (Figura 1 A), onde permaneceram por 45 dias, sendo aplicado nesta fase apenas água e solução de sulfato de cálcio ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) 10^{-4} M para estimular o crescimento radicular.

As mudas foram transferidas para bandeja plástica contendo 24 L de solução de Hoagland e Arnon (1950) completa, na concentração de 20% da sua força iônica, sob aeração constante, sendo que as mudas permaneceram nesta solução por 20 dias, visando a aclimação e padronização (Figura 1 B). Para iniciar a omissão dos nutrientes e avaliar as deficiências nutricionais, as plantas foram individualizadas em recipientes plásticos com capacidade para três litros de solução, sob aeração constante, onde a entrada de luz foi bloqueada por placas de isopor de 15 x 15 cm e 2 cm de

espessura. Após o transplântio das mudas, foi alterada a força iônica da solução para 40% nos primeiros trinta dias, posteriormente, a mesma foi alterada para 75% da força iônica.

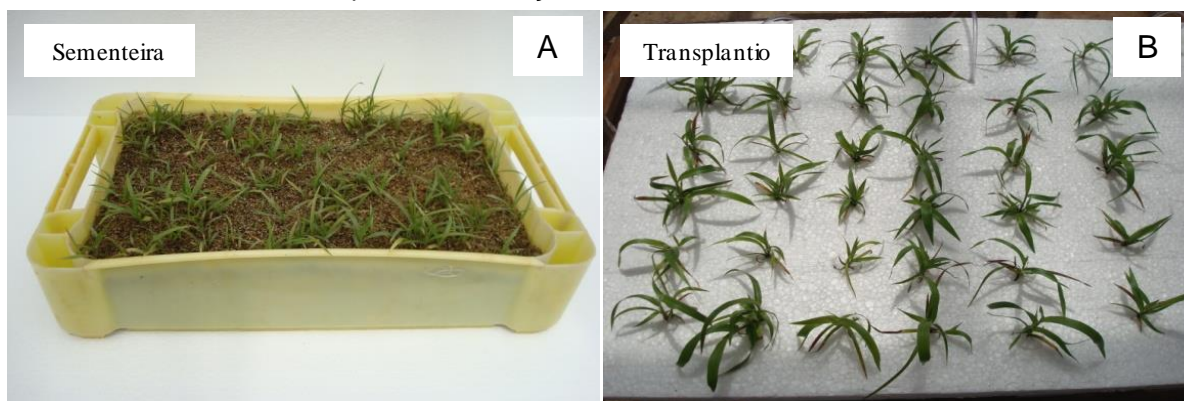


Figura 1. Mudanças na sementeira (A) e após o transplântio (B) para adaptação a solução nutritiva.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 11 tratamentos, representados por solução de Hoagland e Arnon (1950) com todos os nutrientes (completa) e omissão simples de nitrogênio (-N), fósforo (-P), potássio (-K), cálcio (-Ca), magnésio (-Mg), enxofre (-S), ferro (-Fe), manganês (-Mn), zinco (Zn), boro (-B), com três repetições para cada tratamento, totalizando 33 parcelas experimentais.

A solução nutritiva completa de Hoagland e Arnon (1950) foi composta por: 1,0 ml L⁻¹ de NH₄H₂PO₄ 1 mol L⁻¹; 6,0 ml L⁻¹ de KNO₃ 1 mol L⁻¹; 4,0 ml L⁻¹ de Ca(NO₃)₂ · 4 H₂O 1 mol L⁻¹; 2,0 ml L⁻¹ de MgSO₄ · 7 H₂O 1 mol L⁻¹; 2,86 g L⁻¹ de H₃BO₃; 1,54 g L⁻¹ de MnSO₄ · 0,22 g L⁻¹ de ZnSO₄; 0,08 g L⁻¹ de CuSO₄; 0,02 g L⁻¹ de H₂MoO₄ · H₂O e 1,0 ml L⁻¹ de Fe-EDTA 1 mmol L⁻¹. Nos tratamentos onde ocorreram as omissões de micronutrientes, as concentrações foram semelhantes à solução completa, tendo como exceção o nutriente omitido.

No preparo das soluções estoque dos nutrientes, empregou-se reagentes puros para análise (P.A.). As soluções nutritivas foram preparadas utilizando-se água deionizada, sendo esta também adicionada durante o intervalo de 15 dias entre a renovação das soluções.

Visando acompanhar a evolução dos sintomas visuais de deficiências nutricionais, semanalmente e à medida que ocorriam as manifestações dos sintomas, todas as alterações nas folhas, perfilhos e raízes que distinguiam as plantas sob omissão de nutrientes das cultivadas em solução completa, foram fotografadas e caracterizadas.

Durante a condução do experimento foram obtidos os seguintes dados biométricos: altura máxima e número de perfilhos. As plantas que apresentaram sintomas severos de deficiência foram fotografadas e caracterizadas. A parte aérea e as raízes das plantas foram separadas e secas em estufa de circulação forçada de ar à 72°C até que apresentassem peso constante. O material vegetal foi pesado em balança de precisão (0,01g) para a obtenção da massa de matéria seca.

Os dados obtidos de altura máxima, número de perfilhos e peso seco foram submetidos à análise de variância e as médias avaliadas pelo teste Scott e Knott, a 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas por meio do programa computacional Sisvar (FERREIRA, 2003), sendo que para a variável número de perfilhos adotou-se a transformação dos valores originais em \sqrt{x} .

Resultados e Discussão

Sintomas nutricionais

Macronutrientes

Na primeira semana de omissão do nitrogênio - N as folhas mais velhas começaram a apresentar coloração verde-amarelada e aos 25 dias após a omissão deste nutriente as plantas apresentaram amarelecimento geral do limbo foliar e início do processo de necrose (Figura 2). As plantas deficientes em nitrogênio apresentaram folhas menores, caules mais finos e menor ramificação que o tratamento sem omissão de nutrientes.

O amarelecimento generalizado do limbo foliar em plantas deficientes em N ocorre devido a este elemento fazer parte da constituição da molécula da clorofila, responsável pela cor verde das folhas, e de proteínas, aminoácidos,

coenzimas, pigmentos e vitaminas (MALAVOLTA, 1980). Os sintomas de deficiência de N aparecem primeiro em folhas velhas, permanecendo as folhas novas verdes em consequência da fácil e rápida redistribuição deste elemento via floema, na forma de aminoácidos (FAQUIN, 2005).

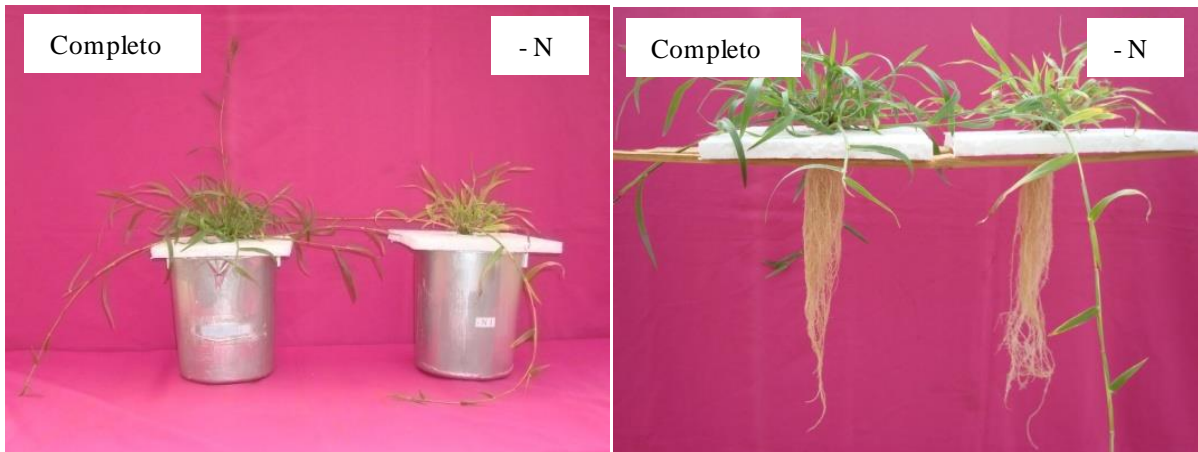


Figura 2. Sintomas de deficiência de nitrogênio na parte aérea e raiz de *Mesosetum chaseae* (grama-do-cerrado).

No tratamento com omissão de fósforo - P, após 40 dias, as plantas apresentaram menor desenvolvimento da parte aérea e menor perfilhamento lateral dentro de cada ramo, quando comparado ao tratamento completo (Figura 3). As plantas deficientes em P tiveram seu crescimento retardado pelo fato deste elemento estar ligado a função estrutural e no processo de transferência e armazenamento de energia, afetando vários processos metabólicos como a síntese de proteínas e ácido nucléico (MALAVOLTA, 2006). Reduções drásticas no crescimento e no perfilhamento, com as omissões de P, também foram verificadas por França e Haag (1985) em experimento com capim tobiatã (*Panicum maximum* Jacq.) e por Avalhães et al. (2009) com a espécie capim-elefante (*Pennisetum purpureum* cv. Mott).

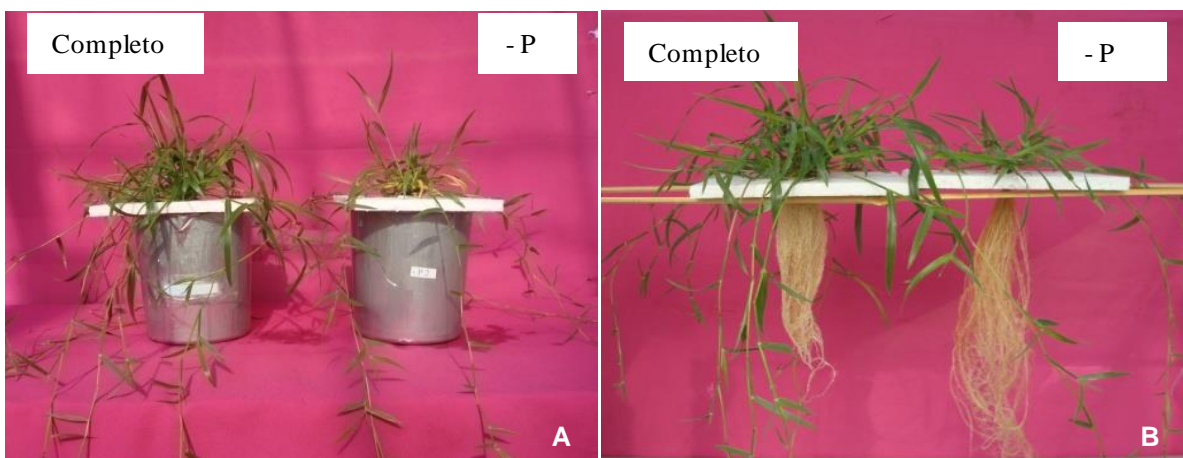


Figura 3. Sintomas de deficiência de fósforo na parte aérea (A) e raiz (B) de *Mesosetum chaseae* (grama-do-cerrado).

Segundo Werner (1986), o P desempenha importante papel no desenvolvimento do sistema radicular e no perfilhamento da gramínea. Por ser parte da ATP, principal composto que transfere energia para as coenzimas, a presença do P é essencial nas plantas, sendo os sintomas de deficiência visuais notados logo nas primeiras semanas, através de uma coloração verde escura sem brilho, com tons roxos na nervura central das folhas mais velhas, seguido de amarelecimento das bordas. Devido a fácil redistribuição do P na planta, os sintomas de deficiência ocorrem, inicialmente, nas folhas mais velhas.

As plantas cultivadas na ausência de P apresentaram maior ramificação radicular, sendo que estas se tornaram mais quebradiças (Figura 3B). Conforme Bucio et al. (2002), a primeira adaptação das plantas à baixa disponibilidade de P é a mudança no sistema radicular, ou seja, alterações na ramificação, comprimento total, alongamento de pêlos radiculares e formação de raízes laterais.

O potássio - K não faz parte de nenhum composto orgânico, porém atua na regulação osmótica da planta, na ativação enzimática e no processo de absorção iônica (FAQUIN, 2005). Os sintomas apresentados no tratamento com omissão de K foram o amarelecimento das folhas velhas, juntamente com o crescimento reduzido de folhas, ficando estas mais estreitas e com internódios curtos a partir da terceira semana de omissão (Figura 4). Os sintomas aparecem,

inicialmente, nas folhas mais velhas, devido à mobilidade do K para as folhas mais jovens (TAIZ; ZEIGER, 2004). Após o amarelecimento das bordas das folhas, ocorreu o amarelecimento do limbo foliar e posterior necrose das pontas aos 60 dias após a omissão. Sintomas semelhantes dessa carência foram relatados por Werner (1971) para o capim-colonião (*Panicum maximum*) e por Monteiro et al. (1995) para *Brachiaria brizantha* (A. Rich.) Stapf.



Figura 4. Sintomas de deficiência de potássio na parte aérea e raiz de *Mesosetum chaseae* (grama-do-cerrado).

Plantas deficientes em K apresentam menor síntese de proteínas e acúmulos de compostos nitrogenados solúveis, como aminoácidos, amidas e nitratos. Segundo Mengel e Kirkby (1987), a deficiência de K não apresenta sintomas visíveis imediatos, causando primeiramente redução do crescimento e, somente mais tarde, ocorrem cloroses e necroses. Conforme Faquin (2005), devido o K estar diretamente relacionado à abertura e fechamento de estômatos, sua ausência afeta a fotossíntese, pois diminui a entrada de CO₂. Outro fato atribuído à deficiência de K é a redução da resistência das plantas à seca e à geada, devido à diminuição no potencial osmótico do suco celular e maior absorção de água.

Os sintomas da deficiência de cálcio - Ca foram caracterizados por necroses das regiões meristemáticas jovens, incluindo ápices radiculares e foliares, sendo que as folhas apresentaram uma clorose generalizada e curvamento para baixo (Figura 5). Em geral, a ausência deste nutriente não afetou o crescimento, visto que as plantas produziram florescência, sementes e foram coletadas apenas no final do ciclo de crescimento das plantas, aos 90 dias após a omissão do Ca. O sistema radicular das plantas deficientes em cálcio ficou escurecido, altamente ramificado e áspero, quando comparados às plantas que receberam todos os nutrientes.

Segundo Faquin (2005), o Ca possui função estrutural, faz parte da parede celular como pectato de cálcio, e está ligado à formação e funcionamento das membranas celulares. É ativador enzimático (ATPase e fosfolipase) e faz parte da amilase, sendo importante para manter a estrutura e o funcionamento normal das membranas da célula e em baixas concentrações estimula a absorção de outros íons. A carência de Ca afeta particularmente os pontos de crescimento da raiz, causando o aparecimento de núcleos poliplóides, células binucleadas, núcleos constritos e divisões amitóticas causando seu escurecimento e posterior morte da raiz, levando a paralisação do crescimento (MALAVOLTA et al., 1997). Assim, os principais sintomas de deficiência ocorrem nas partes novas da planta, por ser este elemento imóvel dentro dos tecidos vegetais.

Segundo Coelho (2008), nas plantas de sorgo com deficiência de Ca, as pontas das folhas mais novas gelatinizaram e, quando secas, grudaram umas às outras; à medida que a planta cresceu, algumas pontas ficaram presas. Nas folhas superiores apareceram, sucessivamente, amarelecimento, secamento, necrose e dilaceração das margens e clorose internerval (faixas largas), incluindo morte da região de crescimento.

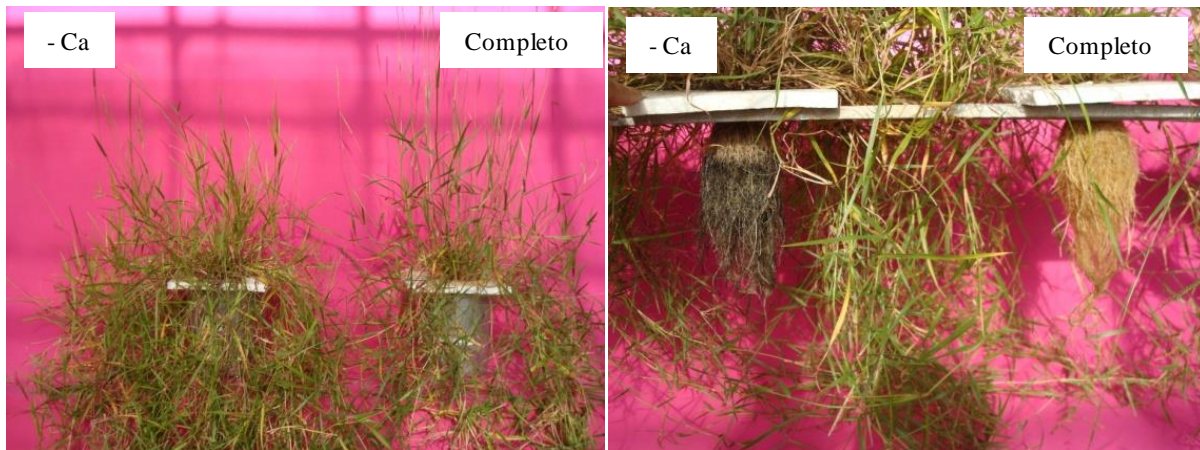


Figura 5. Sintomas de deficiência de cálcio na parte aérea e raiz de *Mesosetum chaseae* (grama-do-cerrado).

O sintoma de deficiência de magnésio - Mg na grama-do-cerrado foi caracterizado por amarelecimento da borda foliar e entre as nervuras das folhas velhas, seguido por amarelecimento generalizado do limbo foliar e consequente necrosamento das folhas (Figura 6A). As inflorescências apresentaram menor crescimento nas plantas sem Mg. As raízes aumentaram de volume e ficaram mais quebradiças que as plantas que receberam todos os nutrientes (Figura 6B), aos 90 dias após a omissão.

O magnésio é elemento estrutural da molécula de clorofila, pectina e fitina, participa da fotossíntese, é ativador enzimático e funciona como carregador de fósforo. Por ser translocado rapidamente no tecido foliar, os sintomas apareceram inicialmente nas folhas velhas das plantas. Rozane et al. (2008) trabalhando com aveia preta, observaram os primeiros sintomas de deficiência de Mg nas folhas mais velhas, sendo que estas apresentaram retorcimento e amarelecimento nas margens e ao longo das nervuras, evoluindo-se para necrose das regiões cloróticas, além de acamamento das plantas e diminuição no porte.



Figura 6. Sintomas de deficiência de magnésio na parte aérea (A) e raiz (B) de *Mesosetum chaseae* (grama-do-cerrado).

Os sintomas de deficiência de enxofre - S foram caracterizados por amarelecimento de folhas velhas e clorose generalizada de folhas novas aos 60 dias após a omissão (Figura 7), indicando que os tecidos mais velhos não puderam contribuir para o suprimento de enxofre para os tecidos novos, os quais são dependentes do nutriente absorvido pelas raízes. Devido a pouca mobilidade do S na planta, os sintomas visuais de deficiência se manifestam nas folhas novas (MARSCHNER, 1995). De acordo com Andrew (1962), a deficiência de enxofre resulta em restrição ao crescimento da planta, porém no presente estudo o crescimento das plantas não foi afetado e o perfilhamento ocorreu em maior intensidade que nas plantas que receberam todos os nutrientes, porém as raízes ficaram mais ramificadas e com as pontas mais grossas nas plantas deficientes em S. Coelho et al. (2011), trabalhando com *Tagetes* observou que no tratamento com omissão de S, as inflorescências aparentemente eram maiores que às do tratamento completo e as pétalas eram claramente mais compactas e seu aspecto geral mais vistoso, porém, o sistema reprodutivo não foi formado.



Figura 7. Sintomas de deficiência de enxofre na parte aérea e raiz de *Mesosetum chaseae* (grama-do-cerrado).

Micronutrientes

Os sintomas de deficiência de ferro - Fe surgiram poucos dias após a omissão deste elemento. Inicialmente os sintomas de deficiência foram caracterizados pela presença de estrias amareladas ao longo do limbo foliar, sendo que estas ocorriam principalmente nas folhas mais novas (Figura 8A). Este amarelecimento está relacionado à menor síntese de clorofila e ao fato do Fe ser pouco móvel na planta, sendo assim os sintomas concentram-se nas folhas novas, principalmente entre as nervuras (MALAVOLTA, 1980; TAIZ; ZEIGER, 2004).

As plantas deficientes em Fe apresentaram reduzido desenvolvimento da parte aérea e das raízes (Figura 8B), sendo este tratamento coletado aos 20 dias após a omissão. Isto ocorre por que o Fe atua como componente de diversas enzimas, relacionadas principalmente a processos de oxiredução no metabolismo e, na sua ausência, a fotossíntese e a redução do nitrito são comprometidas (MENGEL; KIRKBY, 1987). De acordo com Romheld e Marschner (1981), a deficiência de Fe está associada à inibição da elongação radicular, aumentos do diâmetro das zonas apicais das raízes, formação abundante de raízes laterais e cor amarelada devido ao acúmulo de riboflavina, sendo essa uma estratégia para translocar Fe das raízes para a parte aérea.

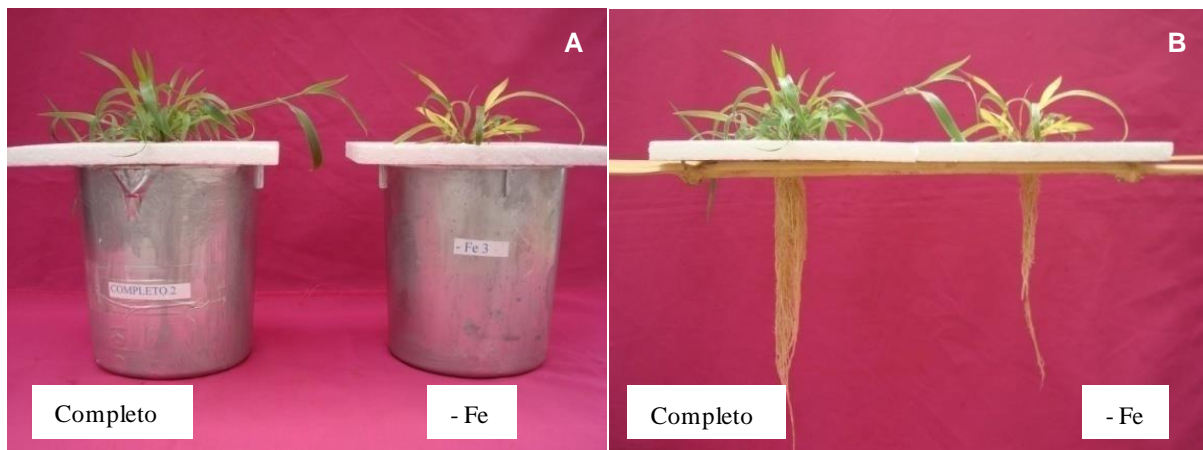


Figura 8. Sintomas de deficiência de ferro na parte aérea (A) e raiz (B) de *Mesosetum chaseae* (grama-do-cerrado).

No tratamento com omissão de boro - B notou-se um verde mais claro nas folhas novas além de um reduzido desenvolvimento de novos perfilhos, em comparação ao tratamento completo. Posteriormente, aos 60 dias após a omissão, as folhas novas apresentaram uma ligeira clorose, além de redução no crescimento de novos perfilhos, o que causou redução no volume de parte aérea da planta (Figura 9). Devido à sua relativa imobilidade nos tecidos, a sua deficiência tem como característica comum os distúrbios do crescimento dos tecidos meristemáticos (COELHO et al., 2011). Porém, não foram verificadas alterações no crescimento de raízes na ausência deste nutriente. Goldbach (1997) relata que a deficiência de boro pode ocasionar redução do crescimento em extensão e crescimento apical, necrose dos brotos terminais, rachamento e quebra de caules e pecíolos, abortamento dos botões florais e queda dos frutos. Com relação à redução do crescimento, isto ocorre devido a uma menor elongação e acumulação de níveis tóxicos de ácido indolacético (AIA). Além disso, vale ressaltar que o boro está envolvido na síntese protéica, portanto a divisão celular é outro fator que afeta o crescimento dos meristemas em plantas deficientes em B (FAQUIN, 2005).

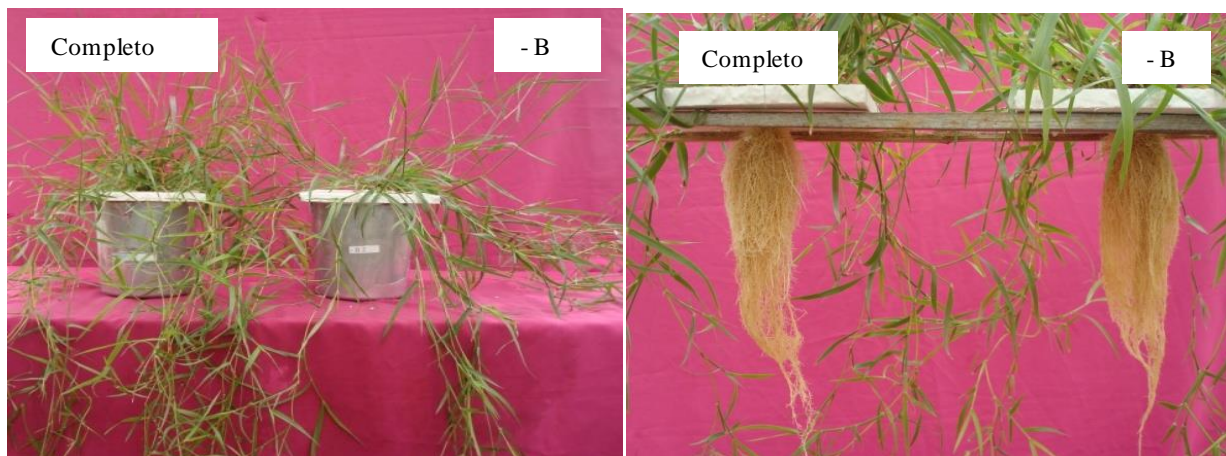


Figura 9. Sintomas de deficiência de boro na parte aérea e na raiz de *Mesosetum chaseae* (grama-do-cerrado).

No caso da omissão de zinco - Zn, os sintomas de deficiência surgiram mais ao final do período de condução do experimento (90 dias após a omissão). Contudo, os sintomas constatados foram o retardamento e ausência de inflorescência, internódios curtos com pequeno desenvolvimento dos perfilhos e amarelecimento inicial de folhas velhas, com posterior amarelecimento das folhas novas (Figura 10). As raízes sofreram escurecimento, ficaram mais grossas e adquiriram um odor característico, em comparação ao tratamento completo.

A deficiência de Zn compromete alguns eventos fisiológicos que prejudicam o crescimento e desenvolvimento da planta (ZABINI et al., 2007). Ao lado do Cu, o Zn participa do grupo prostético da dismutase de superóxido (Cu-Zn-SOD), enzima que catalisa a conversão do radical superóxido para peróxido de hidrogênio + oxigênio, protegendo os tecidos das plantas dos efeitos deletérios causados pelo O_2^- (FAQUIN, 2005). Assim, a deficiência de Zn leva a uma redução na atividade da enzima (Cu-Zn-SOD) favorecendo o incremento dos danos oxidativos, ocasionando a diminuição no teor de clorofila (MARSCHNER, 1995), que por sua vez, causa o amarelecimento das folhas. Além disso, o Zn atua como ativador enzimático na síntese do triptofano que é precursor das auxinas responsáveis pelo crescimento de tecidos da planta (MENGEL; KIRKBY, 1987).



Figura 10. Sintomas da deficiência de Zn na parte aérea e na raiz de *Mesosetum chaseae* (grama-do-cerrado).

Por fim, com a omissão de manganês - Mn notou-se um verde mais claro nas folhas e ramos novos, além de redução no crescimento, aos 60 dias após a omissão, o que resultou em menor volume em relação ao tratamento completo (Figura 11). O verde mais claro originado pela deficiência do Mn pode ter ocorrido devido ao envolvimento deste mineral no processo fotossintético. Este micronutriente é responsável pelo transporte de elétrons e está relacionado com o funcionamento dos cloroplastos (HERNANDES, 2009). O Mn está envolvido em processos redox, tendo participação no desdobramento da molécula de água e na evolução do O_2 no sistema fotossintético, na fase luminosa, de forma que se tenha a transferência de elétrons para o fotossistema II (CHENIAE; MARTIN, 1968). Segundo Tokeshi (1991), em cana-de-açúcar, a deficiência de Mn pode levar a uma clorose intermarginal que posteriormente converge para a nervura central, sendo que as áreas cloróticas acabam gerando estrias necróticas. Este autor ressalta ainda que a clorose tende a acontecer apenas em parte do limbo foliar, no ápice ou na base da folha, e a lâmina foliar tende a estreitar nesta cultura.



Figura 11. Sintomas da deficiência de Mn na parte aérea e raiz de *Mesosetum chaseae* (grama-do-cerrado).

Os sintomas de deficiência de Mn observados na raiz foram basicamente um ligeiro escurecimento, além de maior crescimento em relação ao tratamento completo. Esse aumento no volume de raiz pode ter ocorrido como uma resposta da planta na busca pelo nutriente, explorando assim uma maior área através do crescimento radicular. Bergmann (1992) e Epstein e Bloom (2004) descrevem que os sintomas de deficiência de Mn variam grandemente de uma espécie para outra, tal fato ocorre devido à variedade de processos metabólicos envolvendo o Mn, é difícil definir as relações entre deficiência, efeitos fisiológicos e sintomas.

Índices biométricos

Os resultados referentes à altura máxima, número de perfilhos e matéria seca da parte aérea da grama-do-cerrado são apresentados na Tabela 1. Verificou-se que a omissão dos nutrientes proporcionou diferenças significativas entre as variáveis avaliadas. Para altura máxima, verificou-se que o tratamento com omissão de Fe e N, seguidos dos tratamentos com omissão de P, foram os que mais limitaram o desenvolvimento das plantas, quando comparadas àquelas do tratamento completo. Isso indica a maior exigência nesses nutrientes na fase inicial de desenvolvimento da espécie, já que a ausência deles foi limitante ao crescimento em altura e reflete no número de perfilhos e na produção de biomassa. Os tratamentos com ausência de Ca, Mg e Zn apresentaram sintomas visuais de deficiências nutricionais, porém não afetaram a altura máxima das plantas.

Vários autores observaram que a omissão de determinados nutrientes reduz o crescimento em altura em diferentes espécies (SALVADOR et al., 1999; UTUM et al., 1999; PRADO; LEAL; 2006; AVALHÃES et al., 2009; FRAZÃO et al., 2010). Sendo que a deficiência de N também inibe o crescimento vegetal, pelo fato de ser constituinte de muitos componentes da célula vegetal, incluindo aminoácidos e ácidos nucléicos (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Quanto ao número de perfilhos, foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos, sendo que os tratamentos completo e com omissão de Ca foram os que apresentaram maior número de perfilhos. Já os tratamentos com omissão de N, P, K e Fe foram os que apresentaram os menores números de perfilhos. O K contribui para regulação osmótica da planta e atua na ativação enzimática e no processo de absorção iônica, sendo que plantas deficientes neste nutriente apresentam menor síntese de proteínas e acúmulos de compostos nitrogenados solúveis, assim, plantas deficientes neste nutriente tendem a perfilhar menos no início da omissão do elemento (FAQUIN, 2005). Resultados semelhantes foram encontrados por Almeida (2007), em plantas de copo-de-leite, nos quais a omissão de K proporcionou o menor número de brotos. Esse resultado deve estar relacionado com o papel do K que, juntamente com o N e B, é responsável pelo maior crescimento vegetativo e perfilhamento. Mattos e Monteiro (1998) avaliando respostas à aplicação de potássio na *Brachiaria brizantha* verificaram que este nutriente correlaciona-se positivamente para a produção de perfilhos.

Tabela 1. Índices biométricos (altura máxima e número de perfilhos), matéria seca da parte aérea e matéria seca de raiz da grama-do-cerrado com omissão de macro e micronutrientes.

Tratamento	Índices biométricos			
	Altura (cm)	Perfilhos	Matéria seca da parte aérea (g)	Matéria seca de raiz (g)
Completo	200,0 a	71 a	123,2 a	5,2 a
-N	34,8 d	15 c	1,7 e	0,4 c
-P	80,8 c	21 c	4,2 e	1,4 c
-K	159,3 b	29 c	19,3 d	1,2 c
-Ca	190,7 a	92 a	132,1 a	6,2 a
-Mg	179,0 a	60 b	124,9 a	7,4 a
-S	142,9 b	52 b	42,3 c	3,3 b
-Mn	142,9 b	51 b	30,8 c	2,1 b
-Zn	189,0 a	54 b	114,5 b	6,3 a
-B	153,5 b	53 b	36,3 c	2,2 b
-Fe	14,8 d	9 c	0,4 e	0,1 c
CV (%)	16,6	14,6	9,1	28,4

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Scott e Knott a 5% de probabilidade.

Para a produção de matéria seca da parte aérea (MSPA) e matéria seca de raiz (MSR), os tratamentos com omissão de N, P e Fe foram os que mais limitaram a produção de biomassa da gramínea. Em estudo realizado por Monteiro et al. (1995), trabalhando com omissões de macronutrientes em *Brachiaria brizantha* cv. Marandu foi observado que N e P foram os mais limitantes para altura, número de perfilhos e MSPA. Nota-se ainda, que a omissão de Ca e Mg não comprometeram o desenvolvimento da parte aérea e do sistema radicular, os quais apresentaram massas secas semelhantes ao tratamento completo, sugerindo que esta espécie é pouco exigente nestes nutrientes. Estes mesmos autores observaram que o Ca é o macronutriente que menos afeta o crescimento e desenvolvimento da gramínea, corroborando com os resultados do presente trabalho.

O efeito da omissão do N afetando as características de crescimento avaliadas é amplamente relatado na literatura, sendo um dos nutrientes que mais limita o crescimento e a produção das gramíneas (PRADO; FRANCO, 2007). Segundo Taiz e Zeiger (2004), o crescimento reduzido é um dos sintomas característicos da deficiência de P, pois ele é componente integral de compostos importantes das células vegetais e está presente, também, nos processos de transferência de energia.

Conclusões

Todos os elementos causaram sintomas visuais de deficiência nutricional na parte aérea e raiz, sendo que o nitrogênio, ferro, fósforo e potássio apresentaram os sintomas nas primeiras semanas após a omissão. O cálcio e o magnésio foram os elementos que menos afetaram o desenvolvimento da grama-do-cerrado, sugerindo pouca exigência da espécie a estes nutrientes.

Agradecimentos

A Universidade Federal de Lavras e a Embrapa Pantanal pelo apoio institucional e ao CNPq e FUNDECT pelo apoio financeiro. A pós-doutoranda Ana Rosa Ribeiro Bastos e aos doutorandos Viviane Amaral Toledo Coelho e Guilherme Amaral de Souza, do setor de nutrição mineral de plantas do Departamento de Ciência do Solo-UFLA, pelas sugestões e apoio.

Referências

- ALLEM, A. C.; VALLS, J. F. M. **Recursos forrageiros nativos do Pantanal Mato-Grossense**. Brasília, DF: EMBRAPA-DDT: EMBRAPA-CENARGEN, 1987. 339 p. (EMBRAPA-CENARGEN. Documentos, 8).
- ALMEIDA, E. F. A. **Nutrição mineral em plantas de copo-de-leite**: deficiência de nutrientes e adubação silicatada. 2007. 109p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.
- ALVAREZ, J. M.; ROCHA, J. F.; SANTOS, S. A.; MACHADO, S. R. Anatomia foliar de *Mesosetum chaseae* Luces (Poaceae) vegetando em diferentes ambientes com e sem influência de pastejo na sub-região da Nhecolândia, Pantanal Sul-Mato-Grossense. In: SIMPÓSIO SOBRE RECURSOS NATURAIS E SÓCIO-ECONÔMICOS DO PANTANAL, 4, 2004. **Anais...** Corumbá: SIMPAN, 2004. CD ROM.
- ANDREW, C. S. Influence of nutrition on nitrogen fixation and growth of legumes. In: COMMONWELTH SCIENTIFIC INDUSTRIAL RESEARCH ORGANIZATION. **A review of nitrogen in the tropics with particular reference to pasture**. Melbourne: Csiro, 1962. p. 130-146.
- AVALHÃES, C. C., PRADO, R. M., CORREIA, M. A. R., ROZANE, D. E., ROMUALDO, L. M. Omissão de macronutrientes, crescimento e estado nutricional de capim-elefante (cv. Mott) crescendo em solução nutritiva. **Nucleus**, v.6, n.1, p. 253-255, 2009.
- BERGMANN, W. **Nutritional disorders of plants**. New York: Gustav Fischer, 1992. 741 p.
- BUCIO, J. L.; HERNÁNDEZ-ABREU, E. H.; CALDERÓN, L. S.; NIETO-JACOBO, M. F.; SIMPSON, J.; HERRERA-ESTRELLA, L. Phosphate availability alters architecture and causes changes in hormone sensitivity in the Arabidopsis root system. **Plant Physiology**, v. 129, p. 244-256, 2002.

- CARDOSO, E. L.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; FERREIRA, M. M.; FREITAS, D. A. F. Qualidade química e física do solo sob vegetação arbórea nativa e pastagens no Pantanal Sul-Mato-Grossense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 613-622, 2011.
- COELHO, L. C.; KAWAMOTO, L. S.; RODAS, C. L.; SOUZA, G. A.; PINHO, P. J.; CARVALHO, J. G. Caracterização de sintomas visuais, parâmetros de crescimento e desenvolvimento de *Tagetes erecta* sob deficiências nutricionais. **Agrarian**, v. 4, p. 113-122, 2011.
- COELHO, A. M. Diagnose Foliar em Milho e Sorgo. In: PRADO, R. M.; ROZANE, D. E.; VALE, D. W.; CORREA, M. A. R.; SOUZA, H. A. (Org.). **Nutrição de plantas: diagnose foliar em grandes culturas**. Jaboticabal: UNESP, 2008. p. 179-192.
- CHENIAE, G. M.; MARTIN, I. F. Sites of manganese function in photosynthesis. **Biochimica et Biophysica Acta**, v. 153, n.4, p. 819-837, 1968.
- EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Mineral nutrition of plants**. Sunderland: Sinauer Associates, 2004. 392 p.
- FAQUIN, V. **Nutrição de plantas**. Lavras: UFLA, 183p. 2005.
- FRANÇA, A. F. S; HAAG, H. P. Nutrição mineral de gramíneas tropicais I: carências nutricionais de capim tobiatã (*Panicum maximum* Jacq.). **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**, Piracicaba, v. 42, n. 1, p.83-96, 1985.
- FERREIRA, D. F. **SISVAR software**. Versão 4.6. Lavras: UFLA, 2003. Software.
- FRAZÃO, J. E. M; CARVALHO, J. G. de; PINHO, P. J. de; OLIVEIRA, N. P.; COELHO, V. A. T.; MELO, S. C. de. Deficiência nutricional em bastão-do-imperador (*Etilingera elatior* (Jack) R. M. Smith): efeito na produção de matéria seca e índices biométricos. **Ciência e Agrotecnia**, Lavras, v. 34, n. 2, p. 294-299, mar./abr., 2010.
- GOLDBACH, H. E. A critical review on current hypotheses concerning the role of boron in higher plants: Suggestions for further research and methodological requirements. **Journal Trace Microprobe Technology**, v.15, p.51-91, 1997.
- HERNANDES, A. **Influencia do manganês no crescimento e na composição mineral de mudas de Caramboleira**. Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho", - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária. Campus de Jaboticabal, Jaboticabal, 2009.
- HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. J. **The water culture method of growing plants without soil**. Berkeley: University of California, 1950. 31 p. (Circular, 347).
- MATTOS, W. T. de; MONTEIRO, F. A. Respostas de braquiária brizantha a doses de potássio. **Scientia Agrícola**, v. 55, n.3, p. 428-437, 1998.
- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 1980. 251p.
- MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638 p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1995. 889 p.
- MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. 2. ed. Bern: International Potash Institute, 1987. 536.
- MONTEIRO, F. A.; RAMOS, A. K. B.; CARVALHO, D. D. de; ABREU, J. B. R. de; DAIUB, J. A. S.; SILVA, J. E. P. da; NATALE, W. Cultivo de *Brachiaria brizantha* Stapf cv. Marandu em solução nutritiva com omissões de macronutrientes. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 52, n. 1, p. 135-141, 1995.
- PRADO, R. de; LEAL, R.M. Desordens nutricionais por deficiência em girassol var. Catissol-01. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.36, n.3, p.187-193, 2006.
- PRADO, R. M.; FRANCO, C. F. Omissão de nutrientes no crescimento, na nutrição e nos sintomas visuais em plantas de milho variedade AI - Bandeirante. **Revista de Agricultura**, v. 82, n. 1, p. 84-97, 2007.
- ROMHELD, V.; MARSCHNER, H. Iron deficiency stress induced morphological and physiological changes in root tips of sunflower. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 53, n. 4, p. 354-360, june 1981.

ROZANE, D. E.; PRADO, R. de M.; ROMUALDO, L. M. Deficiências de macronutrientes no estado nutricional da aveia preta cultivar comum. **Científica**, Jaboticabal, v.36, n.2, p.116-122, 2008.

SANTOS, S. A.; COSTA, C.; SOUZA, G. S.; POTT, A.; ALVAREZ, J. M.; MACHADO, S. R. Composição Botânica da Dieta de Bovinos em Pastagem Nativa na Sub-Região da Nhecolândia, Pantanal. **Revista Brasileira Zootecnia**, Piracicaba, v.31, n.4, p.1648-1662, jul./ago. 2002.

SANTOS, S. A.; COMASTRI FILHO, J. A. **Uso potencial da grama-do-cerrado no Pantanal**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2005.

SALVADOR, J. 'D.; MOREIRA, A.; MURAOKA, T. Sintomas visuais de deficiência de micronutrientes e composição mineral de folhas em mudas de goiabeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.9, p.1655-1662, set. 1999.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.

TOKESHI, H. Cana-de-açúcar. In: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. (Ed.) **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato e CNPq, 1991. p. 485-499.

UTUM, M. M.; MONNERAT, P. H.; PEREIRA, P. R. G.; FONTES, P. C. R.; GODINHO, V. de P. C. Deficiência de macronutrientes em estévia: Sintomas visuais e efeitos no crescimento, composição química e produção de esteviosídeo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.6, p.1039-1043, jun. 1999.

ZABINI, A.V.; MARTÍNEZ, H. E. P.; FINGER, F. L.; SILVA, C. A. Concentração de micronutrientes e características bioquímicas de progênies de cafeeiro (*Coffea arábica* L.) eficientes no uso de zinco. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 23, n. 4, p. 95-103, 2007.

WERNER, J. C. **Estudo sobre a nutrição mineral de alguns capins tropicais**. Piracicaba, 1971. 95f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

WERNER, J. C. **Adubação de pastagens**. Nova Odessa: Instituto de Zootecnia, 1986. 49p. (IZ. Boletim Técnico, 18).



Pantanal