

DIAGNOSE NUTRICIONAL COM RELAÇÃO À TOXICIDADE POR MANGANÊS NOS CULTIVARES CRIOULA E XAI 32 DE ALFAFA¹

PATRÍCIA SARMENTO^{2,5}, FRANCISCO ANTONIO MONTEIRO^{3,6}, MOACYR CORSI⁴, PELERSON FURLAN SCHIAVUZZO³, RENATA RODRIGUES VIDAL³

¹Recebido para publicação em 18/07/02. Aceito para publicação em 20/12/02.

²Departamento de Zootecnia, FCAV, UNESP, Via de acesso Prof. Paulo Donato Castellani, s/n, CEP 14884-900, Jaboticabal, SP. E-mail: psarment001@yahoo.com.br

³Departamento de Solos e Nutrição de Plantas, ESALQ, USP, Caixa postal 9, CEP 13418-900, Piracicaba, SP.

⁴Departamento de Produção Animal, ESALQ, USP, Caixa postal 9, CEP 13418-900, Piracicaba, SP.

⁵Bolsista da CAPES; ⁶Bolsista do CNPq

RESUMO: O trabalho objetivou contribuir na caracterização da nutrição e na descrição dos sintomas de toxicidade por manganês nos cultivares Crioula e XAI 32 de alfafa; avaliar a produção de massa seca da parte aérea e de raízes, bem como a composição mineral da parte aérea, em experimento com cinco doses de manganês (0,5; 2,5; 5,0; 15,0 e 30,0 mg L⁻¹) em solução nutritiva. As plantas tiveram dois períodos de crescimento. Os sintomas de toxicidade por manganês foram caracterizados pelo amarelecimento das bordas da parte adaxial das folhas maduras, arroxamento das bordas da parte abaxial, pontos necróticos nas bordas e encurvamento das folhas para baixo. Não houve variação significativa na produção de massa seca da parte aérea e das raízes com as doses de manganês, mas ocorreu aumento nas concentrações de manganês e de magnésio na parte aérea da planta de 28 mg kg⁻¹ e 4,86 g kg⁻¹ para 194 mg kg⁻¹ e 6,36 g kg⁻¹, respectivamente, e diminuição na concentração de ferro na parte aérea de 156 para 131 mg kg⁻¹. Não houve variação entre os cultivares com relação à produção de massa seca, às concentrações de magnésio, cobre, zinco, ferro e manganês na parte aérea; porém, observou-se mais elevada concentração de fósforo na parte aérea do cultivar Crioula (1,92 g kg⁻¹) em relação ao XAI 32 (1,55 g kg⁻¹), no primeiro corte e na dose de manganês de 15 mg L⁻¹. Detectou-se mais elevada concentração de cálcio na parte aérea do cultivar XAI 32 (2,99 g kg⁻¹) do que o cultivar Crioula (2,33 g kg⁻¹).

Palavras-chave: composição mineral, sintomas nutricionais, *Medicago sativa* L.

NUTRITIONAL DIAGNOSIS OF MANGANESE TOXICITY IN CRIOULA AND XAI 32 ALFALFA CULTIVARS

ABSTRACT: The objectives of this study were: (i) to characterize the nutrition of Crioula and XAI 32 alfalfa cultivars, as well as to describe the toxicity symptoms of such cultivars to manganese; (ii) to evaluate the dry mass production by the plant top and roots, as well as the mineral composition of the top part of plants grown in nutrient solution at rates of manganese (0.5, 2.5, 5.0, 15.0 and 30.0 mg L⁻¹). Plants had two growth periods. The toxicity symptoms to manganese were characterized by the yellowing of the adaxial borders of mature leaves, purpling of the abaxial borders, necrotic spots in the borders and downward cupping. There was no significant variation in the dry mass production by the plant top and roots as a function of the manganese rates. However, there were increases in manganese and magnesium concentrations in the plant top from 28 to 194 mg kg⁻¹ and from 4.86 to 6.36 g kg⁻¹, respectively. For iron concentration in the plant top, there was a decrease from 156 to 131 mg kg⁻¹. No differences between cultivars were observed for the dry mass production and for concentrations of magnesium, copper, zinc, iron and manganese in the alfalfa's top part. On the other hand, a higher phosphorous concentration was observed in the top part of the Crioula cultivar (1.92 g kg⁻¹) when compared to the XAI 32 cultivar (1.55 g kg⁻¹) in the first harvest and at manganese rate of 15 mg L⁻¹. Calcium concentration was higher in the top part of the XAI 32 cultivar (2.99 g kg⁻¹) when compared to the Crioula cultivar (2.33 g kg⁻¹).

Key words: mineral composition, nutritional symptoms, *Medicago sativa* L.

INTRODUÇÃO

Um dos métodos de avaliar o estado nutricional das plantas é o da observação de sintomas visuais. Havendo falta ou excesso de um nutriente, têm-se anormalidades visíveis e típicas para cada elemento. Isso ocorre, porque um dado nutriente exerce sempre as mesmas funções seja qual for a espécie da planta, mas os sintomas podem apresentar variações de uma para outra espécie (MALAVOLTA *et al.*, 1997). Assim, o conhecimento dos sintomas típicos nas diversas culturas auxilia na detecção de deficiências ou excessos de um nutriente.

SARMENTO (2000), trabalhando com fontes de fósforo para produção do cultivar XAI 32 de alfafa (*Medicago sativa* L.), observou sintomas de amarelecimento das bordas do lado adaxial e arroxamento das bordas da parte abaxial de folhas maduras das plantas, e suspeitou que tais sintomas ocorressem pelo excesso de manganês no solo. Na literatura, somente SIMAN *et al.* (1974) referiram-se a uma cor púrpura intensa nas bordas da parte abaxial das folhas de alfafa como um dos sintomas de toxicidade por manganês.

O manganês é um elemento essencial ao crescimento normal da planta e tem função catalisadora na formação da clorofila, que é responsável pela síntese de carboidratos no processo fotossintético (WERNER, 1984). No entanto, o excesso de manganês nos tecidos é considerado um fator limitante ao crescimento de alfafa (ROBSON e LONERAGAN, 1970; SMITH *et al.*, 1983) e comumente está associado com problemas de acidez do solo (RAU, 1991).

O efeito tóxico do manganês é provavelmente causado pela perda da atividade do sistema enzimático (HELYAR, 1978). O efeito direto da toxicidade por manganês na alfafa está relacionado com a redução de produção massa seca, enquanto que o efeito indireto é resultante da indução de deficiência de ferro (SMITH *et al.*, 1983). Em cultivares de alfafa foram encontradas variações de tolerância ao manganês (DESSUREAUX e QUELLETTE, 1958; SALE *et al.*, 1992) e ela pode ser associada à redução da taxa de absorção do elemento, ou à diminuição do transporte de manganês absorvido pela raiz para a parte aérea da planta (HELYAR, 1978).

Este trabalho teve como objetivo contribuir na descrição dos sintomas de toxicidade por manganês

em dois cultivares de alfafa e estudar doses de manganês na produção de massa seca da parte aérea e raízes, bem como na composição mineral e nas relações entre as concentrações de cálcio e manganês e entre as concentrações de ferro e manganês da parte aérea dos cultivares Crioula e XAI 32 de alfafa.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em casa-de-vegetação da ESALQ/USP, localizada em Piracicaba, Estado de São Paulo. Foram utilizados os cultivares Crioula (Brasil) e XAI 32 (EUA) de alfafa submetidos a cinco doses de manganês (0,5; 2,5; 5,0; 15,0 e 30,0 mg L⁻¹), fornecidos através da utilização de MnSO₄·H₂O. Os demais nutrientes (inclusive o nitrogênio) foram adicionados a partir de solução nutritiva completa proposta por SARRUGE (1975). Foram utilizados vasos de plástico providos de tubos para drenagem e preenchidos com sílica, como suporte de fixação das plantas.

As mudas foram formadas em caixa com areia lavada e após 16 dias da semeadura foram transplantadas 15 mudas para cada vaso. Procedeu-se o desbaste deixando seis plantas por vaso. Após o transplante das plantas para os vasos a solução nutritiva, confeccionada segundo a metodologia descrita por SARRUGE (1975), foi sendo adicionada a cada 15 dias a partir dessa mesma solução diluída em 30%, aumentando assim a concentração à medida que as plantas cresciam. Após 47 dias da semeadura foram adicionadas as doses estudadas e essas soluções nutritivas foram renovadas a cada quinze dias, enquanto o volume de solução para cada vaso foi completado diariamente com água deionizada. O primeiro corte foi realizado 45 dias após o início do uso da solução definitiva e o segundo foi realizado com 31 dias de rebrota, colhendo-se as plantas a 7,5 cm do solo no primeiro e no segundo corte.

As médias da temperatura máxima, no interior da casa-de-vegetação, durante o primeiro e segundo períodos de crescimento foram 35,7 e 36,3 °C, respectivamente; enquanto que as médias da temperatura mínima foram 15,4 e 16,9 °C, respectivamente.

A terminologia borda da folha refere-se ao contorno dos limbos dos folíolos, onde foram observados os sintomas visuais. A parte adaxial representa o lado frontal da folha, enquanto a parte abaxial é o verso da mesma.

Os sintomas visuais foram observados diariamente nas plantas. As raízes das plantas foram recuperadas mediante lavagem em água corrente. A parte aérea e as raízes das plantas foram secadas em estufa a 65 °C por 48 horas, procedendo-se a pesagem e moagem do material colhido. Posteriormente foram determinadas as concentrações de fósforo, cálcio, magnésio, cobre, zinco, ferro e manganês na massa seca da parte aérea da alfafa, conforme descrito por SARRUGE e HAAG (1974).

O delineamento estatístico utilizado foi o de blocos completos ao acaso, com três repetições, em esquema fatorial. Os resultados foram analisados estatisticamente com o emprego dos procedimentos do SAS (FREUND e LITTELL, 1981). O efeito das doses de manganês foi avaliado por meio de análise de regressão polinomial. A hipótese de igualdade das médias para os dois cultivares foi avaliada pelo teste de Tukey. As seguintes variáveis foram analisadas segundo as transformações de dados para normalizar a distribuição dos resultados: concentração de fósforo e manganês na parte aérea da alfafa no primeiro corte, relação entre as concentrações de cálcio e de manganês e entre as concentrações de ferro e de manganês no primeiro e segundo cortes: \log_{10} ; concentração de manganês no segundo corte: $1/X^{1/2}$; concentração de cálcio e cobre no primeiro e segundo cortes, respectivamente: $1/X$; concentração de zinco no primeiro corte: $1/X^2$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Sintomas de excesso de manganês

Os sintomas causados pelo excesso de manganês na alfafa surgiram somente nas doses de manganês de 15 e 30 mg L⁻¹ de solução, no primeiro e segundo crescimentos. Os primeiros sintomas surgiram aproximadamente 14 dias após a adição das doses de manganês no cultivar Crioula. Observou-se o surgimento de sinais de amarelecimento nas bordas da parte adaxial de algumas folhas maduras no cultivar Crioula, quando foram utilizados 15 e 30 mg L⁻¹. Em algumas folhas maduras apareceram também pontos necróticos nas bordas da parte adaxial e aproximadamente 27 dias após a adição das doses de manganês, iniciou-se arroxamento leve nas bordas da parte abaxial das folhas que já vinham apresentando amarelecimento das bordas da parte adaxial, intensificando-se após 39 dias da adição da dose de 30 mg L⁻¹ (Figura 1).

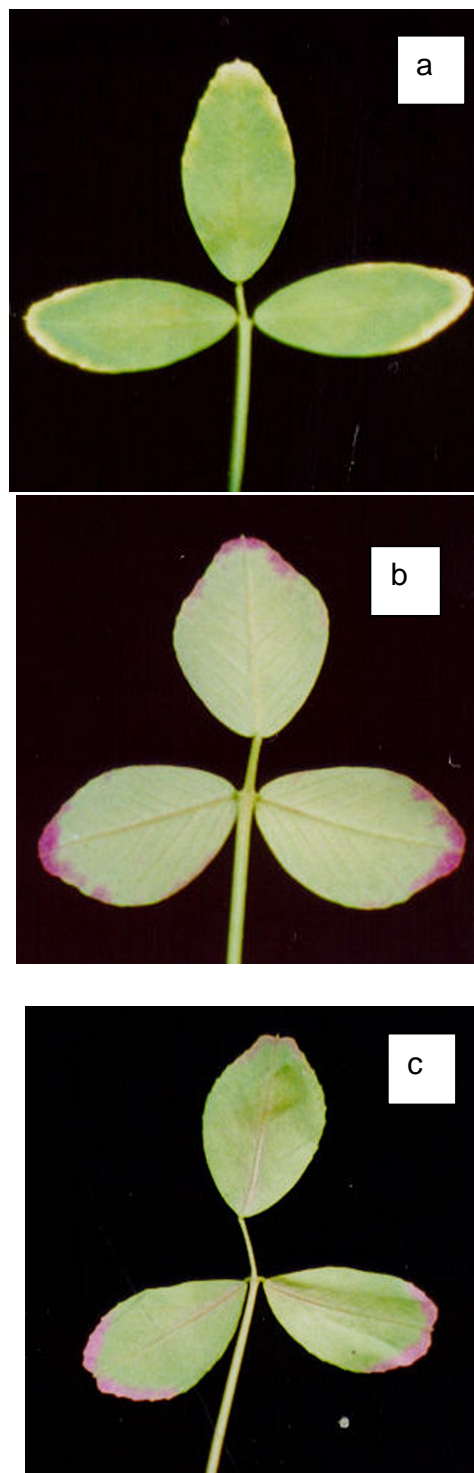


Figura 1. Sintomas nutricionais na dose de manganês de 30 mg L⁻¹: a) amarelecimento das bordas da parte adaxial dos folíolos – cv. Crioula; b) arroxamento das bordas da parte abaxial dos folíolos – cv. Crioula; c) arroxamento das bordas da parte abaxial dos folíolos – cv. XAI 32

No cultivar XAI 32 os sinais de amarelecimento nas bordas da parte adaxial das folhas maduras iniciaram-se, aproximadamente, 19 dias após a adição das doses de manganês, particularmente em 15 e 30 mg L⁻¹. Essas mesmas folhas apresentaram leve arroxamento das bordas do lado abaxial 28 dias após adição da dose de 30 mg L⁻¹ (Figura 1). Esses sintomas intensificaram-se com o decorrer do tempo.

O sintoma de excesso de manganês em alfafa caracterizado por amarelecimento das bordas do lado adaxial do limbo foliar de folhas maduras está de acordo com as observações feitas por DESSUREAUX e QUELLETTE (1958), SIMAN *et al.* (1974), KELLING (1990), SALE *et al.* (1992) e DE MARCO *et al.* (1995). Pontos necróticos nas margens das folhas de alfafa são também sintomas associados à toxicidade por manganês (DESSUREAUX e QUELLETTE, 1958, ROBSON e LONERAGAN, 1970 e KELLING, 1990). No entanto, somente SIMAN *et al.* (1974) descreveram um arroxamento das bordas da parte abaxial dos folíolos como sintoma nutricional causado pelo excesso de manganês em alfafa. A falta de relatos sobre esse último sintoma talvez ocorra porque o sintoma surge em estado mais avançado de maturidade da planta, que no presente trabalho foi com 74 dias de idade; enquanto que na maioria dos trabalhos a colheita era realizada aproximadamente 40 dias após a semeadura, não sendo realizado o segundo corte.

Na rebrota, os primeiros sintomas de excesso por manganês surgiram ao redor do sexto dia após o primeiro corte. Primeiramente verificou-se uma linha fina e esbranquiçada ao redor das bordas de folhas maduras nas plantas de doses 15 e 30 mg L⁻¹. Algumas dessas folhas apresentaram encurvamento para baixo com 9 e 14 dias de rebrota nos cultivares Crioula e XAI 32, respectivamente. Nos dois cultivares surgiram pontos necróticos nas bordas da parte adaxial de algumas folhas maduras, aproximadamente 11 dias após o primeiro corte e amarelecimento das bordas do lado adaxial de folhas maduras, aproximadamente 19 dias após o primeiro corte, nas duas doses mais elevadas de manganês na solução. Na dose 30 mg L⁻¹ o cultivar Crioula apresentou com 21 dias de rebrota sinais de arroxamento das bordas da parte abaxial das mesmas folhas, com amarelecimento das bordas do lado adaxial. O sintoma de excesso de manganês na planta, que consiste em encurvamento da folha da alfafa para baixo, foi observado também por KELLING (1990) e SALE *et al.* (1992).

Pelas descrições nota-se que os sintomas causados pelo excesso de manganês surgiram primeiramente no cultivar Crioula em relação ao XAI 32, embora isso não tenha se refletido na produção de massa seca entre os dois cultivares. No entanto, MASCARENHAS *et al.* (1990) verificaram coincidência entre as notas de sintomatologia de toxicidade por manganês e a produção de massa seca em cultivares de soja, concluindo que a avaliação visual é um método seguro e prático.

Produção de massa seca da parte aérea e de raízes da alfafa

Não houve efeito significativo ($P>0,05$) das doses de manganês nem diferença entre os cultivares de alfafa quanto à produção de massa seca da parte aérea da planta, no primeiro e segundo cortes (médias de 9,55 e 4,76 g/vaso, respectivamente). Isso contraria a expectativa inicial, visto que, segundo SMITH *et al.* (1983), SALE *et al.* (1992) e DE MARCO *et al.* (1995) existe efeito depressivo na produção de alfafa causado pelo excesso de manganês. Porém, em certas plantas, o mecanismo de tolerância à toxicidade por manganês pode estar relacionado à manutenção do manganês absorvido em partes da planta onde ele é física e quimicamente separado dos sítios metabólicos (FOY, 1976). Por outro lado, OLIVEIRA e OLIVEIRA (1999), em avaliação de cultivares de alfafa, observaram que a produção de massa seca do cultivar XAI 32 foi de 25,1 t ha⁻¹ ano⁻¹, enquanto que o cultivar Crioula produziu 22,9 t ha⁻¹ ano⁻¹.

A produção de massa seca das raízes não sofreu alteração significativa ($P>0,05$) em função das doses de manganês e não variou entre os cultivares de alfafa (média de 10,53 g/vaso). Resultado discordante foi obtido por SMITH *et al.* (1983), que verificaram diminuição na produção de massa seca das raízes de alfafa cultivada em estufa com o aumento da dose de manganês na solução de 1 para 40 mg L⁻¹. ANDREW e HEGARTY (1969) e SMITH *et al.* (1983) relataram ser mais drástico o decréscimo da produção de raízes que o da produção da parte aérea da alfafa, em condições de toxicidade de manganês.

Concentração de macronutrientes na parte aérea da alfafa

Foi encontrada interação significativa ($P<0,05$) entre cultivares de alfafa e doses de manganês para

a concentração de fósforo na parte aérea da planta no primeiro corte.

Não houve efeito significativo ($P>0,05$) das doses de manganês na concentração de fósforo tanto no cultivar Crioula como no XAI 32, no primeiro (1,75 e 1,63 g kg⁻¹, respectivamente) e segundo corte (média dos dois cultivares de 2,12 g kg⁻¹).

As doses de manganês não alteraram ($P>0,05$) a concentração de cálcio na parte aérea da alfafa no primeiro e segundo cortes, apresentando médias de 3,15 e 2,66 g kg⁻¹, respectivamente. Esse resultado está de acordo com as observações relatadas por ANDREW e HEGARTY (1969) e LOMBIN e BATES (1982), mas não com as apresentadas por SMITH *et al.* (1983) que obtiveram redução da concentração de cálcio na alfafa de 1,79 para 1,31 g kg⁻¹ em função do aumento da dose de manganês de 1 para 40 mg L⁻¹, a qual foi devido ao decréscimo do transporte de cálcio das raízes para os brotos.

Não houve efeito significativo ($P>0,05$) das doses de manganês na concentração de magnésio na alfafa, no segundo corte (8,36 g kg⁻¹). Porém, ocorreu aumento ($P<0,05$) da concentração desse nutriente na massa seca da planta no primeiro corte com a adição de manganês (Figura 2), resultado que corrobora o descrito por LOMBIN e BATES (1982) e DE MARCO *et al.* (1995).

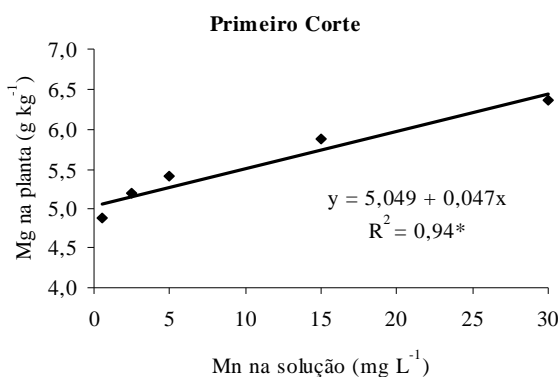


Figura 2. Concentrações de magnésio na parte aérea da alfafa em função das doses de manganês no substrato, no primeiro corte

Os resultados encontrados contrariam uma expectativa inicial uma vez que a toxicidade por manganês pode induzir a deficiência de outros macronutrientes, como o cálcio e o magnésio. Na deficiência de magnésio, o manganês compete muito mais eficientemente em nível celular e, de alguma forma, também bloqueia a ligação do magnésio nos sítios de ligação. A deficiência de cálcio é outro sintoma bem conhecido e, em condições de alta concentração de manganês, sua translocação para a parte aérea é inibida (MARSCHNER, 1995).

O cultivar Crioula apresentou maior ($P<0,05$) concentração de fósforo na parte aérea em relação ao cultivar XAI 32, somente na dose 15 mg L⁻¹ (Figura 3). Esse resultado está de acordo com os de JAMES *et al.* (1995) que observaram diferença na concentração de fósforo entre cultivares de alfafa (cujas médias foram de 2,32 g kg⁻¹ para o cultivar Fortress e 2,14 g kg⁻¹ para o WI 316).

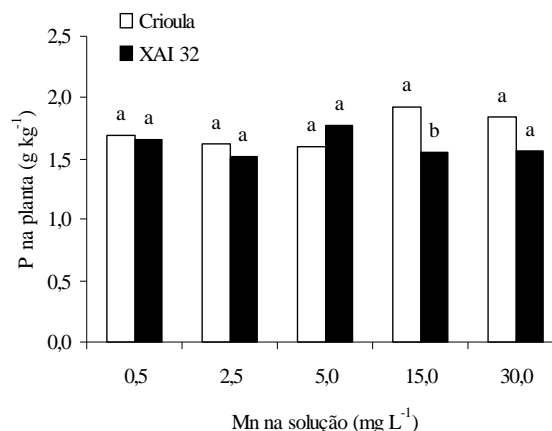


Figura 3. Concentração média de fósforo da parte aérea da alfafa em dois cultivares de alfafa no primeiro corte, em função das doses de manganês na solução nutritiva. Médias seguidas por letras minúsculas distintas diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

A concentração de cálcio na parte aérea foi maior ($P<0,05$) no cultivar XAI 32 (2,99 g kg⁻¹) que no Crioula (2,33 g kg⁻¹), no segundo corte. Resultados semelhantes foram observados por BALIGAR *et al.* (1985) e JAMES *et al.* (1995) que encontraram diferença na concentração de cálcio entre cultivares de alfafa (Oklahoma e Arc e Fortress, DK 125, WI 316, P5432

e Vector, respectivamente). Não houve diferença ($P>0,05$) na concentração de cálcio entre os cultivares no primeiro corte (média de $3,15 \text{ g kg}^{-1}$). Não houve diferença ($P>0,05$) também na concentração de magnésio entre os cultivares de alfafa, no primeiro e segundo cortes ($5,71$ e $8,36 \text{ g kg}^{-1}$, respectivamente). Essas informações corroboram as de OLIVEIRA (1986) que não observou variação nas concentrações de cálcio e magnésio entre os cultivares Florida 77, CUF 101, Moapa e Crioula de alfafa (concentrações médias de $2,98$ e $1,68 \text{ g kg}^{-1}$, respectivamente).

Concentração de micronutrientes na parte aérea da alfafa

Não houve variação significativa ($P>0,05$) nas concentrações de cobre e zinco na parte aérea da alfafa, no primeiro (médias de $1,55$ e $30,14 \text{ mg kg}^{-1}$, respectivamente) e segundo cortes (médias de $3,07$ e $41,98 \text{ mg kg}^{-1}$, respectivamente), e na concentração de ferro na planta no segundo corte (média de $124,61 \text{ mg kg}^{-1}$) em função das doses de manganês. Essas informações concordam com as relatadas por LOMBIN e BATES (1982) que não encontraram efeito do aumento das doses de manganês de 0 para 25 mg kg^{-1} de solo na concentração de cobre ($5,40 \text{ mg kg}^{-1}$) e zinco ($21,25 \text{ mg kg}^{-1}$) na alfafa. SMITH *et al.* (1983) também não observaram variação na concentração de ferro ($84,83 \text{ mg kg}^{-1}$) na parte aérea da alfafa com o aumento das doses de manganês de 1 para 40 mg L^{-1} .

A concentração de ferro na planta diminuiu ($P<0,05$) em função das doses de manganês na primeira colheita (Figura 4). Isso é devido ao fato do manganês induzir a deficiência de ferro na planta por inibição competitiva (HORST, 1988; MALAVOLTA *et al.*, 1997). Entretanto, a concentração mínima de ferro na alfafa no primeiro corte (Figura 4) encontra-se na faixa considerada adequada para a parte aérea da alfafa, que é de 40 a 250 mg kg^{-1} (WERNER *et al.*, 1996).

A adição de doses de manganês aumentou ($P<0,05$) a concentração de manganês na parte aérea da alfafa, no primeiro e segundo crescimentos (Figura 4). Esse resultado está de acordo com os reportados por LOMBIN e BATES (1982), SMITH *et al.* (1983), DE MARCO *et al.* (1995). Contudo, não foi possível detectar o nível crítico para os cultivares de alfafa no presente trabalho em função da não diminuição

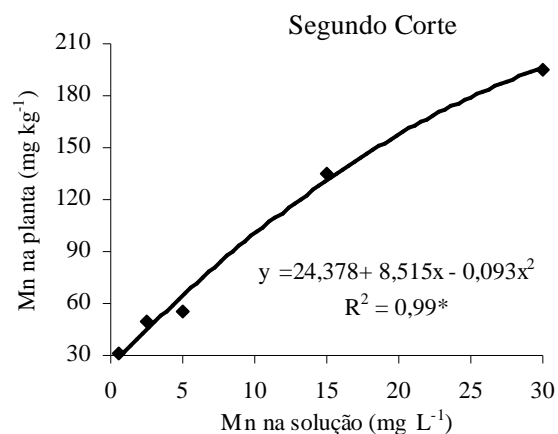
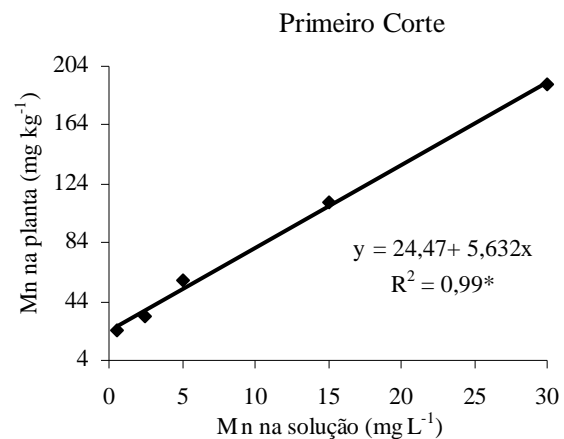
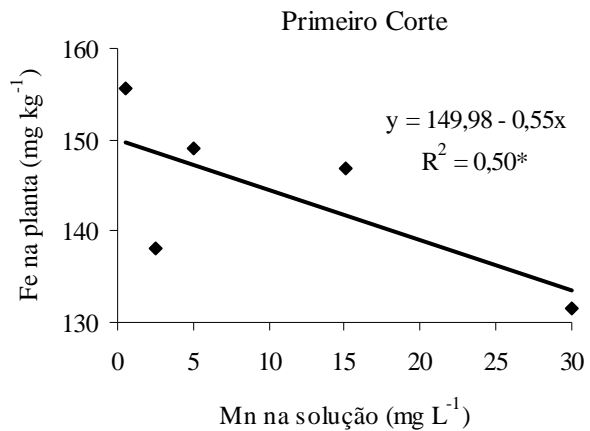


Figura 4. Concentrações de ferro e manganês na parte aérea da alfafa em função das doses de manganês no substrato

da produção de massa seca com as doses de manganês no substrato. A concentração máxima de manganês atingida foi 212 mg kg⁻¹, que está abaixo dos níveis críticos para toxicidade encontrados por ANDREW e HEGARTY (1969), WILLIAMS e DAVID (1976) e SMITH *et al.* (1983), que foram 380, 300 e 340 mg kg⁻¹, respectivamente, mas não abaixo dos encontrados por DESSUREAUX e QUELLETTE (1958) e DE MARCO *et al.* (1995) que foram 175 a 250 e 190 mg kg⁻¹, respectivamente.

Não houve diferença significativa (P>0,05) entre os cultivares de alfafa quanto à concentração de cobre, zinco, ferro e manganês na parte aérea da planta, no primeiro (médias de 1,57, 30,02, 143,49 e 84,11 mg kg⁻¹, respectivamente) e segundo corte (médias de 3,05, 41,98, 124,74 e 93,01 mg kg⁻¹, respectivamente). Esses resultados estão de acordo com os obtidos por OLIVEIRA (1986) que não relatou diferenças nas concentrações de cobre, zinco e ferro entre os cultivares Florida 77, CUF 101, Moapa e Crioula de alfafa (que apresentaram médias de 1,11; 38,28 e 417,00 mg kg⁻¹, respectivamente).

Relação entre as concentrações de cálcio e manganês e as de ferro e manganês na parte aérea da alfafa

As relações entre as concentrações de cálcio e manganês e entre as de ferro e manganês na parte aérea da alfafa variaram (P<0,05) segundo as equações obtidas (Figuras 5 e 6) em função das doses de manganês no substrato, tanto no primeiro como no segundo corte. Isso foi devido ao aumento da concentração de manganês na planta nos dois cortes e ao decréscimo da concentração de ferro na alfafa no primeiro corte com as doses de manganês na solução.

Não houve diferença significativa (P>0,05) entre os cultivares de alfafa quanto a relação entre as concentrações de cálcio e manganês no primeiro corte (66,76) e entre as concentrações de ferro e manganês no primeiro e segundo cortes (3,10 e 2,28, respectivamente). Porém, o cultivar XAI 32 apresentou maior (P<0,05) relação entre as concentrações de cálcio e de manganês na parte aérea no segundo corte (52,72) quando comparado ao cultivar Crioula (41,54) em decorrência, provavelmente, da concentração de cálcio mais elevada do cultivar XAI 32.

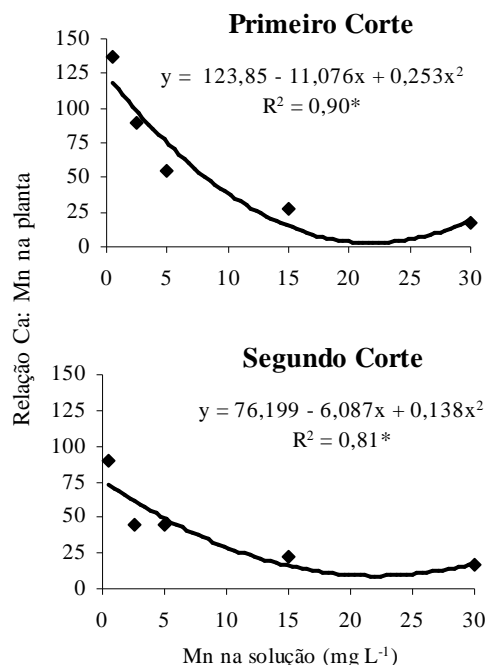


Figura 5. Relações entre as concentrações de cálcio e manganês na parte aérea da alfafa em função das doses de manganês no substrato

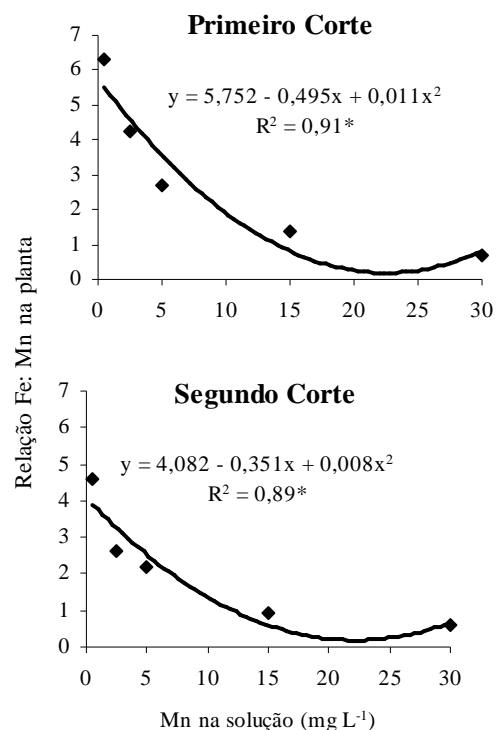


Figura 6. Relações entre as concentrações de ferro e manganês na parte aérea da alfafa em função das doses de manganês no substrato

CONCLUSÕES

O excesso de manganês provoca o amarelecimento das bordas da parte adaxial das folhas maduras seguido de arroxamento na parte abaxial, pontos necróticos nas bordas das folhas e encurvamento das folhas para baixo nos cultivares Crioula e XAI 32. O arroxamento das bordas da parte abaxial das folhas ocorre em fase mais avançada da sintomatologia. O cultivar Crioula apresenta os sintomas de excesso de manganês antes do cultivar XAI 32, embora não haja diferença na produção de massa seca. Há aumento das concentrações de manganês e magnésio, assim como há diminuição na concentração de ferro e na relação entre as concentrações de cálcio e manganês e entre as concentrações de ferro e manganês na parte aérea da alfafa com adição de manganês na solução.

Não há diferença entre os cultivares Crioula e XAI 32 de alfafa em relação às concentrações de fósforo, magnésio, manganês, cobre, zinco e ferro na parte aérea da planta, mas há diferença na concentração de cálcio na parte aérea entre esses cultivares.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDREW, C.S.; HEGARTY, M.P. Comparative responses to manganese excess of eight tropical and four temperate pasture legume species. *Aust. J. Agric. Res.*, v.20, n.4, p.687-696, 1969.
- BALIGAR, V.C.; WRIGHT, R.J.; BENNETT, O.L. *et al.* Lime effect on forage legume growth and mineral composition in an acid subsoil. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, v.16, n.10, p.1079-1093, 1985.
- DE MARCO, D.G.; LI, C.B.; RANDALL, P.J. Manganese toxicity in *Trifolium balansae*, *T. resupinatum*, *T. subterraneum*, *Medicago murex*, *M. polymorpha*, *M. sativa*, *Lotus pendunculatus*, and *Ornithopus compressus*: relative tolerance and critical toxicity concentrations. *Aust. J. Exp. Agric.*, v.35, n.2, p.367-374, 1995.
- DESSUREAUX, L.; QUELLETTE, G.J. Chemical composition of alfalfa related to degree of tolerance to manganese and aluminium. *Can. J. Plant Sci.*, v.38, n.2, p.206-214, 1958.
- FOY, C.D. Differential aluminum and manganese tolerances of plant species and varieties in acid soils. *Cienc. Cult.*, v.28, n.2, p.150-155, 1976.
- FREUND, R.J.; LITTELL, R.C. SAS for linear models – a guide to the Anova and GLM procedures. Cary, NC, SAS Institute Inc., 1981. 231p.
- HELYAR, K.R. Effects of aluminium and manganese toxicities on legume growth. In: ANDREW, C.S.; KAMPRATH, E.J. Mineral nutrition of legumes in tropical and subtropical soils. Melbourne: CSIRO, 1978. p.207-231.
- HORST, W.J. The physiology of manganese toxicity. In: GRAHAM, R.D.; HANNAM, R.J.; UREN, N.C. Manganese in soils and plants. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1988. p.175-188
- JAMES, D.W.; HURST, C.J.; TINDALL, T.A. Alfalfa cultivar response to phosphorus and potassium deficiency: elemental composition of the herbage. *J. Plant Nutr.*, v.18, n.11, p.2447-2464, 1995.
- KELLING, K.A. Nutrient deficiencies and toxicities. In: STUTEVILLE, D.L.; ERWIN, D.C. Compendium of alfalfa diseases. 2 ed. St. Paul: APS PRESS, 1990. p.67-70.
- LOMBIN, G.L.; BATES, T.E. Comparative responses of peanuts, alfalfa, and soybeans to varying rates of boron and manganese on two calcareous Ontario soils. *Can. J. Soil Sci.*, v.62, n.1, p.1-9, 1982.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas – princípios e aplicações. 2ª ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319p.
- MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. 2ª ed. London: Academic Press, 1995. 874p.
- MASCARENHAS, H.A.A.; MIRANDA, M.A.C.; TANAKA, R.T. *et al.* Comportamento de cultivares precoces de soja em solução nutritiva contendo diferentes níveis de manganês. *Pesq. Agropec. Bras.*, v.25, n.4, p.609-615, 1990.
- OLIVEIRA, P.P.A.; OLIVEIRA, W.S. Estabelecimento da cultura. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 16., Piracicaba, 1999. Anais. Piracicaba: FEALQ, 1999. p.67-94.
- OLIVEIRA, P.R.D. Avaliação da produção e da qualidade de cultivares da alfafa (*Medicago sativa* L.). Piracicaba: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1986. 75p. Dissertação de Mestrado.
- RAIJ, B. van Fertilidade do solo e adubação. São Paulo: Ceres; Piracicaba: Potafos, 1991. 343p.

- ROBSON, A.D.; LONERAGAN, J.F. Sensitivity of annual *Medicago* species to manganese toxicity as affected by calcium and pH. *Aust. J. Agric. Res.*, v.21, n.2, p.223-232, 1970.
- SALE, P.W.G.; COUPER, P.L.; CACHIA, P.L. *et al.* Tolerance to manganese toxicity among cultivars of lucerne (*Medicago sativa* L.) *Plant and Soil*, v.146, n.1-2, p.31-38, 1992.
- SARMENTO, P. Resposta da alfafa (*Medicago sativa* L.) a fontes de fósforo e momento de calagem. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2000. 146p. Dissertação de Mestrado.
- SARRUGE, J.R. Soluções nutritivas. *Summa Phytopatologica*, v.1, n.3, p.231-233, 1975.
- SARRUGE, J.R.; HAAG, H.P. Análises químicas em plantas. Piracicaba: ESALQ, 1974. 56p.
- SIMAN, A.; CRADOCK, F.W.; HUDSON, A.W. The development of manganese toxicity in pasture legumes under extreme climatic conditions. *Plant and Soil*, v.41, n.1, p.129-140, 1974.
- SMITH, G.S.; EDMEADES, D.C.; UPSDELL, M. Manganese status of New Zealand pastures 1. Toxicity in ryegrass, white clover, and lucerne. *New Zealand J. Agric. Res.*, v.26, n.2, p.215-221, 1983.
- WERNER, J.C. Adubação de pastagens. Nova Odessa, Instituto de Zootecnia, 1984. 49p. (Boletim Técnico).
- WERNER, J.C.; PAULINO, V.T.; CANTARELLA, H. *et al.* Forrageiras. In: RAIJ, B. van; SILVA, N.M.; BATAGLIA, O.C. Recomendações de adubações e calagem. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 1996. p.263-273. (IAC. Boletim 100).
- WILLIAMS, C.H.; DAVID, D.J. Effects of pasture improvement with subterranean clover and superphosphate on the availability of trace metals to plants. *Aust. J. Soil Res.*, v.14, n. 1, p.85-93, 1976.