

CRESCIMENTO DE CULTIVARES DE SOJA EM CONDIÇÕES DE BAIXA DISPONIBILIDADE DE MANGANÊS NO SOLO. II. CONCENTRAÇÃO E ALOCAÇÃO DO MANGANÊS¹

Mauro Wagner de Oliveira²
Carlos Sigueyuki Sedyam²
Roberto Ferreira de Novais³
Tuneo Sedyama²

1. INTRODUÇÃO

Tem-se observado comportamento diferencial entre cultivares soja quanto à tolerância à deficiência de manganês (Mn) em plantas crescendo em condições de baixa disponibilidade desse micronutriente no solo (11, 13). Essa maior tolerância à deficiência tem sido atribuída à maior capacidade redutiva do sistema radicular, exsudação de ácidos orgânicos, acidificação de rizosfera e maior eficiência em absorver e utilizar o Mn (3, 4, 10, 12, 20, 21), possivelmente associada à maior e ao mais rápido aprofundamento do sistema radicular no solo (14).

Esses mecanismos de tolerância à deficiência de Mn são grandemente influenciados pela umidade, temperatura e compactação do solo (1, 2, 4, 6, 9, 16).

Aceito para publicação em 12.05.1996.

¹ Parte da tese de mestrado apresentada pelo primeiro autor ao curso de Pós-Graduação em Fitotecnia-UFV, realizada com o apoio financeiro da FAPEMIG e da CAPES.

² Departamento de Fitotecnia da UFV - 36571-000 Viçosa-MG.

³ Departamento de Solos da UFV - 36571-000. Viçosa-MG.

Menor demanda funcional (concentração mínima de Mn na planta, capaz de manter normal o seu metabolismo), e maior alocação do Mn absorvido para as folhas são também possíveis mecanismos de tolerância à deficiência de Mn (2, 14). O objetivo deste trabalho foi estudar diferenças de concentração, acúmulo e alocação de Mn entre cultivares de soja crescendo em condições de baixa disponibilidade desse micronutriente no solo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para a condução dos experimentos, foram utilizadas amostras da camada arável (0-20cm) de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, representativo de extensas áreas cultivadas com soja, na região do Alto Paranaíba (São Gotardo-MG), onde foi constatada deficiência nutricional desse micronutriente, em razão do elevado pH do solo. Os resultados das análises químicas e físicas encontram-se no Quadro 1.

Baseando-se em testes preliminares, foram adicionadas a 2,5L de solo, correspondentes ao volume de cada vaso, quantidades de HCl e CaCO₃ necessárias para se obterem solos com pH 5,5 e 7,5, sendo o solo incubado por 30 dias, com umidade na capacidade de campo. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições. Utilizou-se o fatorial 4 x 15, constituído por quatro tratamentos de solo (Quadro 2) e 15 cultivares de soja, recomendados para Minas Gerais. A soja foi cultivada em vasos contendo 2,5L de solo, em experimentos realizados em dois anos consecutivos, conduzidos em casa-de-vegetação

QUADRO 1 - Resultados das análises química e física do solo

| | |
|--|------|
| pH em H ₂ O (1:2,5) | 6,8 |
| Al ³⁺ , cmol/dm ³ | 0,0 |
| H ⁺ + Al ³⁺ , cmol/dm ³ | 2,48 |
| Ca ²⁺ , cmol/dm ³ | 3,12 |
| Mg ²⁺ , cmol/dm ³ | 1,40 |
| P, mg/dm ³ | 12,5 |
| K, mg/dm ³ | 80 |
| CTC a pH 7,0, cmol/dm ³ | 7,2 |
| Saturação de bases (%) | 66 |
| Teor de matéria orgânica (%) | 9,4 |
| Capacidade de campo (%) | 33 |

Al³⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺: extraídos com KCl 1N. P e K extraídos com Mehlich-1 (2)

QUADRO 2 - Tratamentos de solo utilizados no primeiro e no segundo experimentos

| Experimentos | |
|--|--|
| Primeiro | Segundo |
| Tratamentos | |
| 1. Solo basificado: solo com pH 7,4 | solo com pH 7,1* |
| 2. Solo acidificado: solo com pH 5,5 | solo com pH 5,5* |
| 3. Solo com pH 6,8 + 20 mg Mn/kg de solo | solo com pH 6,6 + 20 mg de Mn/kg de solo |
| 4. Testemunha: solo com pH 6,8 | solo com pH 6,6* |

*Solos reutilizados

do Departamento de Fitotecnia, na Universidade Federal de Viçosa (UFV).

Sementes oriundas do banco de germoplasma da UFV foram colocadas para germinar, 15 sementes por vaso, desbastando-se, 10 dias após a emergência, para três plantas, que constituíram a parcela. No primeiro ano do experimento, a semeadura foi realizada em 15 de dezembro e no segundo ano, em 12 de novembro.

A irrigação foi realizada diariamente com água destilada, procurando-se manter o teor de umidade próximo à capacidade de campo.

Quinze dias após a emergência das plantas, fez-se uma adubação nitrogenada, utilizando-se solução de nitrato de amônio, na dosagem de 30mg de nitrogênio/L de solo.

Os experimentos foram conduzidos por 40 dias.

A temperatura e a umidade relativa na casa de vegetação, no transcorrer dos experimentos, foram registradas por termohigrógrafo.

No primeiro experimento as médias das temperaturas mínimas, médias e máximas foram respectivamente: 16,1; 19,8; e 26,6°C. No segundo experimento, essas médias foram respectivamente: 20,3; 24,6; e 30,9°C. No primeiro experimento ocorreram 141 horas de brilho solar e no segundo, 233 horas.

Um dia antes da colheita, realizada no 40º dia, foi medida a altura das plantas. Cortou-se a parte aérea rente ao solo, que foi seca em estufa com circulação forçada de ar, a 70°C, por 72 horas.

No primeiro experimento não houve estratificação da parte aérea. No segundo experimento, estratificou-se a coleta da parte aérea em folhas da metade inferior, metade superior e haste + pecíolos. Esta estratificação objetivou evitar um efeito de diluição e permitir um estudo da alocação do

manganês na planta, nos diferentes cultivares. Esses tecidos, após pesados, foram passados em moinho tipo Willey, com peneira de 1mm e as amostras foram submetidas à digestão nítrico-perclórica, de acordo com JORGENSEN (5), determinando-se o teor de Mn por espectrofotometria de absorção atômica. As concentrações de Mn foram submetidas à análise de variância, e as médias agrupadas pelo método de Scott-Knott (17), a 5% de significância.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Concentração de Mn na Parte Aérea

Nos dois experimentos, nas plantas cultivadas em solo com pH 5,5 (Quadros 3, 4 e 5), a concentração e a amplitude de variação do Mn situa-

QUADRO 3 - Concentração de manganês na matéria seca da parte aérea de quinze cultivares de soja, submetidos a quatro tratamentos de solo. Primeiro experimento

| Cultivar ¹ | Tratamento ¹ | | | |
|-----------------------|-------------------------|----------|---------------------------------------|----------|
| | pH 7,4 | pH 5,5 | pH 6,8 + 20 mg de Mn/kg de solo | pH 6,8 |
| | -----mg/kg----- | | | |
| Cristalina | 10,9 a C | 64,2 b A | 18,0 b B | 10,7 a C |
| Doko | 8,0 a C | 52,9 c A | 17,5 b B | 10,2 a C |
| FT-Cometa | 16,0 a C | 80,5 a A | 24,2 a B | 14,5 a C |
| FT-Estrela | 11,7 a C | 57,0 c A | 23,2 a B | 12,8 a C |
| FT-Eureka | 8,6 a C | 47,4 d A | 16,3 d B | 8,4 a C |
| FT-11 | 7,2 a B | 54,2 c A | 11,2 b B | 5,8 a B |
| Garimpo | 10,4 a B | 45,7 d A | 14,3 d B | 12,4 a B |
| IAC-8 | 10,2 a B | 56,5 c A | 17,7 b B | 12,2 a B |
| Paranaíba | 7,6 a C | 54,2 c A | 15,7 b B | 9,2 a C |
| Primavera | 10,8 a B | 56,5 c A | 16,2 b B | 10,5 a B |
| Savana | 11,9 a C | 69,1 a C | 21,4 a B | 11,8 a C |
| UFV-1 | 9,5 a B | 53,4 c A | 15,1 b B | 10,0 a B |
| UFV-5 | 13,9 a C | 61,8 c A | 21,0 b B | 12,6 a C |
| UFV-10 | 10,0 a B | 55,1 c A | 16,2 b B | 10,4 a B |
| UFV-15 | 12,1 a B | 54,5 c A | 18,5 b B | 11,7 a B |

¹ As médias seguidas de mesma letra minúscula, na vertical, e maiúscula, na horizontal, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

ram-se próximas às verificadas por outros pesquisadores, em plantas crescendo em condições de suprimento adequado de Mn (8, 9, 11, 12, 13, 19).

No primeiro experimento (Quadro 3), a adição de 20mg de Mn/kg de solo proporcionou um aumento médio de 6mg de Mn/kg na matéria seca, correspondendo a um aumento de 62%. Essa quantidade foi suficiente para corrigir a deficiência visual de Mn em quase todos os cultivares (15). A recuperação média do Mn aplicado no solo e acumulado na parte aérea dos cultivares de soja foi de 0,1%, valor também obtido por NOVAIS et alii (11).

No cultivo realizado em pH 7,4 não foi verificada diferença significativa entre as concentrações de Mn nos cultivares (Quadro 3). Entretanto, ocorreu redução diferencial na produção de matéria seca (16). As maiores reduções na produção de matéria seca foram verificadas nos cultivares FT-Eureka, 19,6%; FT-Estrela, 14,2%; Paranaíba, 13,2%; Doko, 12,0%; IAC-8, 10,1% e FT-Cometa, 10,0%. Dos cultivares visualmente menos

QUADRO 4 - Concentração de manganês na matéria seca das folhas da metade superior da planta, de quinze cultivares de soja, submetidos a quatro tratamentos de solo. Segundo experimento

| Cultivar ¹ | Tratamento ¹ | | | |
|-----------------------|-------------------------|----------|---------------------------------------|----------|
| | pH 7,1 | pH 5,5 | pH 6,6 + 20 mg de Mn/kg de solo | pH 6,6 |
| | -----mg/kg----- | | | |
| Cristalina | 17,9 b B | 29,5 b A | 29,3 c A | 19,6 a B |
| Doko | 18,8 b B | 30,1 b A | 32,3 b A | 21,9 a B |
| FT-Cometa | 25,2 a B | 40,2 a A | 36,3 a A | 23,6 a B |
| FT-Estrela | 21,1 b C | 32,9 b A | 39,1 a A | 28,3 a B |
| FT-Eureka | 18,2 b B | 30,0 b A | 34,8 b A | 21,3 a B |
| FT-11 | 16,6 b B | 20,9 b A | 20,8 d A | 14,3 b B |
| Garimpo | 17,9 b B | 20,9 b A | 29,1 c A | 14,0 b B |
| IAC-8 | 19,1 b B | 29,1 b A | 29,1 c A | 23,8 a B |
| Paranaíba | 17,8 b B | 30,0 b A | 33,0 b A | 22,3 a B |
| Primavera | 20,4 b B | 31,6 b A | 34,5 b A | 22,1 a B |
| Savana | 27,4 a B | 40,2 a A | 39,2 a A | 25,4 a B |
| UFV-1 | 18,9 b C | 31,9 b A | 26,4 c A | 22,0 a B |
| UFV-5 | 19,0 b B | 30,4 b A | 31,3 b A | 19,9 a B |
| UFV-10 | 19,4 b B | 31,1 b A | 32,5 b A | 22,7 a B |
| UFV-15 | 18,7 b B | 30,4 b A | 31,3 b A | 21,0 a B |

¹ As médias seguidas de mesma letra minúscula, na vertical, e maiúscula, na horizontal, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

menos sensíveis à deficiência de Mn, Savana e UFV-15 foram os que apresentaram menor decréscimo na produção de matéria seca (15).

No segundo experimento, a adição de 20mg de Mn/kg de solo proporcionou aumento médio de 10mg/kg nas folhas da metade superior da planta e de 21mg/kg nas folhas da sua metade inferior (Quadros 3 e 4). A concentração mínima de Mn verificada no cultivar FT-11 situou-se acima da considerada a mínima adequada por SMALL e OHROGGE (18), MALAVOLTA (7) e TRANI *et alii* (19), que é de 20 mg/kg.

No cultivo realizado a pH 7,1 verificou-se diferença significativa entre teores foliares de Mn apenas para as folhas da metade superior da planta, destacando-se os cultivares Savana e FT-Cometa (Quadros 3 e 4). Confirmando os resultados obtidos no primeiro experimento, pode-se constatar que mesmo não tendo ocorrido diferença significativa entre os níveis foliares de Mn nos cultivares em estudo, ocorreu redução diferenciada na produção de matéria seca.

QUADRO 5 - Concentração de manganês na matéria seca das folhas da metade inferior da planta, de quinze cultivares de soja, submetidos a quatro tratamentos de solo. Segundo experimento

| Cultivar ¹ | Tratamento ¹ | | | |
|-----------------------|-------------------------|----------|---------------------------------------|----------|
| | pH 7,1 | pH 5,5 | pH 6,6 + 20 mg de Mn/kg de solo | pH 6,6 |
| | ----- mg/kg ----- | | | |
| Cristalina | 21,5 a B | 54,1 b A | 47,4 b A | 24,7 a B |
| Doko | 16,9 a B | 41,3 d A | 45,1 b A | 17,1 b B |
| FT-Cometa | 23,0 a B | 51,3 b A | 47,4 b A | 20,4 b B |
| FT-Estrela | 19,8 a C | 56,4 b A | 56,5 a A | 34,5 a B |
| FT-Eureka | 16,1 a B | 46,5 c A | 49,5 b A | 22,3 b B |
| FT-11 | 15,9 a C | 41,5 d A | 30,2 d B | 14,9 b C |
| Garimpo | 18,1 a B | 34,2 d A | 31,0 d A | 15,0 b B |
| IAC-8 | 16,4 a D | 45,4 c A | 35,7 d B | 26,4 a C |
| Paranaíba | 19,1 a B | 47,6 c A | 42,0 c A | 20,8 b B |
| Primavera | 19,0 a B | 45,5 c A | 38,2 c A | 18,8 b B |
| Savana | 24,6 a B | 64,8 a A | 62,1 a A | 25,9 a B |
| UFV-1 | 24,9 a C | 56,6 b A | 34,4 d B | 25,9 a C |
| UFV-5 | 19,7 a B | 47,4 c A | 40,4 c A | 19,0 b B |
| UFV-10 | 19,4 a B | 51,6 b A | 50,6 b A | 20,2 b B |
| UFV-15 | 18,8 a B | 50,0 b A | 46,4 b A | 22,3 b B |

¹ As médias seguidas de mesma letra minúscula, na vertical, e maiúscula, na horizontal, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Os cultivares que apresentaram queda de produção de matéria seca igual ou superior a 10% não diferiram, estatisticamente, quanto ao teor foliar de Mn daqueles cultivares que apresentaram queda de produção de matéria seca igual ou inferior a 8,8% (15). Comparando-se, por exemplo, a concentração de Mn na FT-Estrela com a concentração de Mn nos cultivares Savana, UFV-10 e UFV-15, verifica-se que os cultivares em estudo, para uma mesma concentração de Mn na parte aérea, apresentaram comportamento diferenciado quanto a sintomas de deficiência e queda na produção de matéria seca.

Pode-se inferir, que para uma mesma condição edafoclimática, um cultivar com sintomas severos de deficiência pode ter sua concentração de Mn igual à de um cultivar visualmente menos deficiente, podendo sua produção de matéria seca ser afetada ou não.

3.2. Acúmulo Percentual de Mn na Matéria Seca de Caule + Pecíolos, em Relação ao Acúmulo Total de Manganês na Matéria Seca da Parte Aérea

Nos quatro tratamentos de solo estudados, constatou-se maior acúmulo percentual médio de Mn na matéria seca de caule + pecíolos, nos cultivos realizados em solo com pH 7,1 e 6,6 (Quadro 6). Mesmo não tendo ocorrido diferença significativa entre os percentuais de Mn retidos no caule + pecíolos, com pH 7,1 e 6,6, possivelmente esta maior retenção de Mn no caule + pecíolos, associada a uma menor absorção de Mn, tenha, em geral, aumentado os sintomas visuais de deficiência nas plantas cultivadas em solo com pH 7,1 (15).

Verificou-se (Quadro 6) que os cultivares puderam ser dispostos em três grupos, de acordo com o acúmulo percentual de Mn no caule + pecíolos: menor que 11%, entre 13 e 15,5% e maior que 16%. Maior alocação de Mn para as folhas talvez conferisse menor sensibilidade à deficiência de Mn, em condições de baixa disponibilidade desse nutriente no solo. Esse mecanismo de maior alocação, entretanto, não contribuiu para menor sensibilidade à deficiência de Mn, verificada pelos cultivares Savana, UFV-10 e UFV-15, os quais estiveram entre os cultivares que, percentualmente, apresentaram maior acúmulo de Mn na matéria seca de caule + pecíolos. Por outro lado, cultivares muito sensíveis à deficiência de Mn, como IAC-8, FT-Estrela, Garimpo e FT-11, apresentaram menor acúmulo de Mn no caule + pecíolos, quando comparados à Savana, UFV-10 e UFV-15. Se os cultivares IAC-8, FT-Estrela, Garimpo e FT-11 tivessem retido um percentual maior de Mn no caule + pecíolos, possivelmente a queda de produção de matéria seca, em razão da deficiência de Mn, teria sido ainda maior (15).

QUADRO 6 - Efeito de quatro tratamentos de solo sobre a porcentagem média do manganês acumulado no caule + pecíolos, em relação ao total de manganês acumulado na parte aérea, de quinze cultivares de soja. Segundo experimento

| Cultivar | Tratamento | | | | Média ¹ |
|--------------------|------------|--------|--|--------|--------------------|
| | pH 7,1 | pH 5,5 | pH 6,6 + 20 mg de Mn/ kg de solo | pH 6,6 | |
| -----%----- | | | | | |
| Cristalina | 17,7 | 13,4 | 15,3 | 18,8 | 16,2 a |
| Doko | 23,3 | 16,5 | 15,9 | 22,9 | 19,6 a |
| FT-Cometa | 16,9 | 11,7 | 16,5 | 19,9 | 16,3 a |
| FT-Estrela | 17,7 | 12,4 | 15,1 | 15,1 | 15,1 b |
| FT-Eureka | 20,7 | 15,7 | 17,5 | 18,5 | 18,1 a |
| FT-11 | 11,7 | 6,5 | 8,3 | 14,0 | 10,1 c |
| Garimpo | 11,4 | 10,9 | 12,7 | 19,2 | 13,5 b |
| IAC-8 | 17,2 | 13,3 | 17,6 | 11,8 | 15,0 b |
| Paranaíba | 18,0 | 19,6 | 16,8 | 18,1 | 18,1 a |
| Primavera | 15,7 | 13,4 | 16,6 | 16,0 | 15,4 b |
| Savana | 19,3 | 13,8 | 16,4 | 20,0 | 17,4 a |
| UFV-1 | 23,8 | 15,1 | 20,7 | 17,8 | 19,4 a |
| UFV-5 | 19,8 | 16,6 | 14,9 | 22,2 | 18,4 a |
| UFV-10 | 17,8 | 14,8 | 16,3 | 19,9 | 17,2 a |
| UFV-15 | 20,8 | 17,3 | 16,5 | 20,8 | 18,9 a |
| Média ¹ | 10,1 A | 14,1 C | 15,8 B | 18,3 A | |

¹ As médias seguidas de mesma letra minúscula, na vertical, e maiúscula, na horizontal, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Maior acúmulo de Mn no caule + pecíolos deve ter predisposto o cultivar FT-Eureka a uma sensibilidade maior à deficiência deste nutriente.

Ao se comparar o acúmulo percentual de Mn na matéria seca de caule + pecíolos, entre os cultivares estudados, verificou-se que a alocação interna do Mn na parte aérea pode ter sido um dos fatores que tenham amenizado a maior sensibilidade à deficiência desse elemento, observada nos cultivares FT-11, Garimpo, IAC-8 e FT-Estrela. Entretanto, no caso dos cultivares Savana, UFV-10 e UFV-15, considerados tolerantes à deficiência de Mn, a redistribuição interna desse nutriente na parte aérea, possivelmente, não deve ter contribuído para menor sensibilidade à deficiência desse nutriente.

4. RESUMO

Estudaram-se diferenças de concentração, acúmulo e alocação do Mn entre cultivares de soja crescendo em condições de baixa disponibilidade desse micronutriente no solo. Verificou-se que os cultivares em estudo, para uma mesma concentração de Mn na parte aérea, apresentaram comportamento diferenciado quanto a sintomas de deficiência e queda na produção de matéria seca. Os cultivares puderam ser reunidos em três grupos, de acordo com o acúmulo percentual de Mn no caule + pecíolos, em relação ao acúmulo total de Mn na matéria seca da parte aérea: menor que 11%, entre 13 e 15,5% e, maior que 16%. Maior alocação de Mn nas folhas amenizou a maior sensibilidade à deficiência desse elemento nos cultivares tidos como sensíveis. Por outro lado, em cultivares considerados tolerantes à deficiência de Mn, a alocação desse micronutriente no caule + pecíolos não contribuiu para caracterizá-los como menos sensíveis à deficiência desse elemento.

5. SUMMARY

(GROWTH OF SOYBEAN CULTIVARS IN SOILS LOW IN
MANGANESE SUPPLY.
II - MANGANESE CONCENTRATION AND ALLOCATION)

The concentration and allocation of manganese in soybean cultivars were studied in two experiments conducted in a greenhouse, following a factorial of four soil treatments x 15 cultivars. In the first experiment, the soil treatments were pH 7.4, 5.5, 6.8 and 6.8+20 mg Mn/kg of soil. In the second, the soil treatment were pH 7.1, 5.5, 6.6, and 6.6+20 mg Mn/kg of soil. It was verified that for a given Mn concentration in the aerial part of the plant, cultivars presented differential responses to deficiency symptoms and reduction in dry matter production. Mn allocation in the plant aerial part could be one of the mechanisms which diminished the great sensibility to Mn deficiency of putative sensitive cultivars. On the other hand, in the so-called Mn deficiency tolerant cultivars, the internal redistribution of this element in the aerial part of the plant possibly did not contribute to lessen the sensibility to Mn deficiency.

6. LITERATURA CITADA

1. CHENG, B.T.; QUELLETTE, G.J. & BOURGET, S.J. Interaction of temperature and moisture on iron and manganese availability in soils. *Naturaliste Can.*, 99:515-21, 1971. In: *Soil and Fertilizers*, 34:589-95, 1972.

2. GHAZALI, N.J. & COX, F.R. Effect of temperature on soybean growth and manganese accumulation. *Agron. J.*, 73:363-367, 1981.
3. GODO, G.H. & REISENAUER, H.M. Plant effects on soil manganese availability. *Soil Sci. Amer. J.*, 44:993-995.
4. JAUREQUI, M.A. & REISENAUER, H.M. Dissolution of oxides of manganese and iron by root exudate components. *Soil Sci. Soc. Amer. J.*, 46:314-317, 1982.
5. JORGENSEN, S.S. *Laboratory manual: some methods used for routine chemical analysis*. Piracicaba, Centro de Energia Nuclear na Agricultura, 1977. 22p.
6. MACMILLIAN, K.A. & HAMILTON, H.A. Carrot response to soil temperature and copper, manganese, zinc and magnesium. *Can. J. Soil Sci.*, 51:293-297, 1971.
7. MALAVOLTA, E. *Elementos de nutrição mineral de plantas*. São Paulo, Agronômica Ceres, 1980. 251p.
8. MASCARENHAS, H.A.A.; NEPTUNE, A.M.L.; MURAOKA, T.; BULISANI, E.A. & HIROCE, R. Absorção de nutrientes por cultivares de soja (*Glycine max* (L) Merrill). *R. Bras. Ci. Solo*, 4:92-96, 1980.
9. MEDERSKI, H.J. & WILSON, J.H. Effect of soil temperature and soil moisture on manganese absorption by soybean plants. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 19:461-464, 1955.
10. MUKHOPADHYAY, M.J. & SHARMA, A. Manganese in cell metabolism of higher plants. *Bot. Rev.* 57:117-149, 1991.
11. NOVAIS, R.F.; NEVES, J.C.L.; BARROS, N.F. & SEDIYAMA, T. Deficiência de manganês em soja cultivada em solo de cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 21. Campinas, 1987. *Resumos*, Campinas, SBCS, 1989. p. 177-178.
12. OHKI, K. Manganese critical levels for soybean growth and physiological process. *J. Pl. Nutr.*, 3:271-284, 1981.
13. OHKI, K.; WILSON, D.O. & ANDERSON, O.E. Manganese deficiency and toxicity sensitivities of soybean cultivars. *Agron. J.*, 72:713-716, 1980.
14. OLIVEIRA, M.W. *Respostas de cultivares de soja (Glycine max (L.) Merrill à baixa disponibilidade de manganês no solo*. Viçosa, MG, UFV, 1994. 67p. (Tese M.S.).
15. OLIVEIRA, M.W.; SEDIYAMA, C.S. & NOVAIS, R.F. Crescimento de cultivares de soja em condições de baixa disponibilidade de manganês no solo: I. Sintomas visuais de deficiência, altura da planta e produção de matéria seca. *Revista Ceres* (submetido).
16. PASSIOURA, J. & LEEPER, G. W. Soil compaction and manganese deficiency. *Nature*, 5:29-30, 1963.
17. SCOTT, A.J. & KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. *Biometrics*, 30:507-512, 1974.
18. SMALL JR., H.G. & OHLROGGE, A.J. Plant analysis as an aid in fertilizing soybeans and peanuts. In: WALSH, L. M. (ed.). *Soil testing and plant analysis*. Madison, Soil Science Society of America, 1973. p.315-327.
19. TRANI, P.E.; HIROCE, R. & BATAGLIA, O.C. *Análise foliar: amostragem e interpretação*. Campinas, Fundação Cargill, 1983. 18p.
20. WHITE, M.; DECKER, A.M. & CHANEY, R.L. Metal complexation in xylem fluid. I. Chemical composition of tomato and soybean stem exudate. *Pl. Physiol.*, 67:292-300, 1981b.
21. YOUSSEF, R.A. & CHINO, M. Effects of rhizosphere process on the solubilization of manganese as revealed with radioisotope techniques. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 36:229-233, 1990.