

EFEITOS DO MANGANÊS SOBRE O DESENVOLVIMENTO E A
COMPOSIÇÃO MINERAL DE QUATRO LEGUMINOSAS
FORRAGEIRAS TROPICAIS*

Lia M. Beatriz F. Jardim**
E. Malavolta***

RESUMO

Quatro leguminosas forrageiras tropicais (*Galactia striata* (Jacq) Urb; *Glycine wightii* cv. Tinaroo, *Macroptilium atropurpureum* cv. Siratro e *Stylosanthes guianensis* cv. IRI 1022) foram cultivadas em solução nutritiva recebendo doses de manganês de 0, 5, 10 e 20 ppm, com o objetivo de se verificarem os efeitos das doses crescentes do elemento sobre as diferentes espécies.

Submetendo-se os dados de produção de matéria seca e de concentrações de macro e micronutrientes à análise estatística, observou-se o seguinte:

* Recebido para publicação em 28/12/84.

Parte da dissertação de mestrado do primeiro autor.

** Engenheiro agrônomo.

*** Professor catedrático, CENA/USP. Piracicaba, SP.

a) O estilosantes foi o que se mostrou mais tolerante, não apresentando variação significativa na produção de matéria seca com o aumento dos teores de manganês. Não se observaram sintomas severos nas folhas ou nas raízes. A galactia também mostrou-se tolerante, apresentando queda significativa de produção em presença de 100 ppm de manganês e sintomas mais severos de toxidez que os apresentados pelo estilosantes.

b) O Siratro e a soja mostraram-se sensíveis ao excesso de manganês. A soja mostrou a mínima produção em presença de 25 ppm do elemento não havendo modificação significativa nas concentrações mais elevadas. O siratro apresentou a mínima produção de matéria seca total em presença de 50 ppm de manganês. Os sintomas de toxidez apresentados pela soja foram mais severos que os apresentados pelas plantas de siratro.

c) A adição de manganês provocou uma diminuição nas concentrações de cálcio, potássio e magnésio nas partes aéreas ou raízes das plantas estudadas; elevação dos teores de zinco e cobre nas aéreas ou raízes e de manganês na planta toda.

INTRODUÇÃO

Os cerrados no Brasil, ocupam uma área de 1.800.000 km², correspondentes a aproximadamente 20% da superfície

do território nacional. Dessa área, 77% se concentram nos Estados de Goiás, Minas Gerais e Mato Grosso, onde se encontram 42% do rebanho bovino do país.

A quase totalidade dos solos do cerrado são classificados como de potencial inferior para a agricultura e a pecuária, quando não se empregam técnicas corretivas.

Com características de planta de clima árido, a vegetação do cerrado tem, como principal fator limitante ao seu desenvolvimento, as condições de fertilidade do solo, classificada como baixa a muito baixa.

As características químicas desses solos podem ser assim resumidas:

- a) pH baixo, compreendido entre os valores 4 e 6.
- b) Capacidade de troca de cátions (CTC) baixa, entre 2,0 e 6,0 emg/100 g terra.
- c) Soma de bases trocáveis (S) baixa, menor que 1,0 emg/100 g de terra.
- d) Baixo teor de matéria orgânica.
- e) Baixa porcentagem de água disponível, menor que 15%.
- f) Presença de sesquióxidos de ferro e alumínio na fração coloidal do solo.
- g) Presença de níveis tóxicos de manganês, que tem sua solubilidade favorecida pelas condições de baixo pH, aeração deficiente, baixo teor de matéria orgânica e atividade microbiológica reduzida.

O alumínio e o manganês são os elementos que mais limitam o crescimento das plantas nos solos ácidos. A disponibilidade do alumínio no solo cai mais rapidamente

que o manganês, de modo que um valor de pH suficiente para eliminar o excesso do primeiro, poderá não o ser para o segundo elemento.

A utilização do cerrado para formação de pastagens tem sido feita por meio da correção do solo pela calagem e adubação fosfatada, de acordo com as condições de fertilidade.

Estudos da viabilidade da utilização do cerrado para a pecuária, mostram que a capacidade de suporte foi elevada de 0,2 U.A. (unidade animal) por ha na pastagem natural para 1,6 U.A., por ha na pastagem cultivada, mas o investimento só se torna econômico quando se consegue uma capacidade de suporte superior a 1,2 U.A. por ha.

Para que se obtenha maior eficiência de maneira mais econômica, as pesquisas devem ser concentradas no sentido de selecionar ou desenvolver variedades de plantas com maior tolerância a fatores de "stress" específicos dos solos ácidos. Em alguns casos, adaptar a planta ao solo pode ser mais viável economicamente que adaptar o solo à planta.

Baseando-se na tolerância diferencial entre espécies de plantas a níveis tóxicos de manganês no meio, este trabalho tem por objetivo testar quatro espécies de leguminosas forrageiras e classificá-las de acordo com seu comportamento.

REVISÃO DE LITERATURA

Ocorrência

O manganês aparece na litosfera na proporção de

1.000 ppm (MONIZ, 1972), sendo o micronutriente mais abundante depois do ferro (LABANAUSKAS, 1966). Nos solos brasileiros, ocorre na faixa de 10 a 4.000 ppm de manganês total ou 0,1 a 100 ppm de manganês solúvel em acetato de amônio (MALAVOLTA, 1980).

No solo, os cátions Mn são encontrados com Três valências, que se mantêm em equilíbrio. É absorvido pelas plantas como Mn^{+2} . As formas Mn^{+3} e Mn^{+4} são menos móveis (MALAVOLTA, 1980). A redução do MnO_2 é feita pelos *Thiobacillus* e a oxidação, pelos microrganismos dos gêneros *Helminthosporium*, *Culvularia*, *Periconia* e *Cephalosporium* (MALAVOLTA, 1976).

O manganês apresenta maior solubilidade e disponibilidade sob condições ácidas. Em solução, a elevação de uma unidade no valor do pH diminui em 100 vezes a concentração do elemento. A deficiência pode ocorrer em condições de excesso de matéria orgânica, períodos de seca prolongados, baixas temperaturas do solo e teores elevados de cobre e zinco (MALAVOLTA, 1980). Por outro lado, quantidades tóxicas podem aparecer em decorrência de acidez elevada do solo, aeração deficiente ou excesso de umidade e pelo uso de fertilizantes acidificadores ou sais de manganês (LABANAUSKAS, 1966; MALAVOLTA, 1976).

Os efeitos da calagem sobre a redução da concentração de manganês no solo e nas plantas são relatadas por SIMAN *et alii* (1971); CARTER *et alii* (1975); FREIRE (1975); DAHIYA & SINGH (1977); JONES & NELSON (1978).

TRUONG *et alii* (1971) e SOUTO & DOBEREINER (1969) observaram que o fornecimento de fósforo estimulou a absorção de manganês em leguminosas. O fornecimento de carbonato de cálcio suavizou os efeitos da toxidez e, de sulfato de cálcio, produziu o efeito contrário.

A correlação negativa entre o teor de matéria orgânica e os níveis de manganês foi relatada por PREVOT *et alii* (1955); DOBEREINER & ALVAHIDO (1966) e CHENG & QUELLETTE (1971).

O efeito da temperatura sobre a manifestação da toxidez mangânica foi abordado por HEENAN & CARTER (1977). Sob temperaturas mais baixas, duas variedades de soja apresentaram redução de produção e sintomas de toxidez mais evidentes.

SUTTON & HALLSWORTH (1958) observaram efeito positivo da intensidade luminosa sobre os sintomas de toxidez de manganês em alfafa.

Segundo WILLIAMS & VLAMIS (1957) a adição de silicato de sódio à solução nutritiva reprimiu os sintomas de toxidez, evitando o acúmulo localizado sem alterar as concentrações de manganês em plantas de cevada. Os sais de cálcio, magnésio e potássio se mostraram antagônicos ao manganês, reduzindo sua concentração nos tecidos.

Efeitos do Manganês nos Processos de Desenvolvimento da Planta

O manganês, como elemento micronutriente, exerce segundo BUCKMAN & BRADY (1974); EPSTEIN (1975); MALAVOLTA (1977, 1980), funções metabólicas vitais como dor enzimático, participando da síntese proteica, fotossíntese, multiplicação celular e funcionamento dos cloroplastos.

Nos solos calcários pode ocorrer deficiência de manganês, provocando sintomas que, de modo geral, aparecem primeiramente nas folhas mais novas, como clorose internerval semelhante à deficiência de ferro. Podem aparecer manchas necróticas ou deformações em algumas espécies, quando os folíolos apresentam superfície enrugada e bordos voltados para baixo, podendo ocorrer diminuição no crescimento (EPSTEIN, 1975; MALAVOLTA, 1976; DANTAS, 1978).

Nos solos ácidos, por outro lado, o excesso de man

ganês pode ser prejudicial ao desenvolvimento vegetal, sendo muito variáveis as concentrações capazes de provocar danos.

VIDOR & FREIRE (1972) observaram redução no rendimento dos grãos e um decréscimo na produção de matéria seca em presença de 40 ppm de manganês, corrigidos pela calagem e adubação fosfatada.

Segundo FREIRE (1976) a relação entre o cálcio e o manganês absorvidos tem grande influência sobre a manifestação de toxidez. De acordo com MALAVOLTA (1976) o manganês inibe a absorção de magnésio, principalmente nos solos pobres em cálcio. As plantas afetadas poderão apresentar altos teores de fósforo e potássio nos tecidos.

Em soja REDDY et alii (1978) relatam que altas concentrações de manganês inibem a absorção e transporte do zinco.

O excesso de manganês se acumula e produz sintomas mais definidos na parte aérea das plantas, podendo reduzir indiretamente o desenvolvimento radicular. A toxidez se caracteriza pela clorose marginal e distorção das folhas mais novas, associadas ao acúmulo localizado dentro do tecido foliar. Quando a toxidez é severa, as raízes tornam-se marrons, mas são após a danificação das folhas. Esses sintomas foram observados por MORRIS & PIERRE (1949) em 5 espécies de leguminosas; LEVEQUE & BELEY (1959) em amendoim; HEENAN & CARTER (1976) em quatro cultivares de soja. Bioquimicamente, o excesso de manganês tem sido associado à destruição da auxina (ácido indolacético) em algodão e ao desbalanceamento de amino-ácidos na batata (FOY, 1976).

Seleção de Variedades Tolerantes ao Manganês

As espécies e variedades de plantas diferem em sua

tolerância ao excesso de manganês. A tolerância diferencial entre variedades de soja foi estudada por HEENAN & CARTER (1976) e BROWN & JONES (1977) que demonstraram ser determinada principalmente pelo genótipo da parte aérea, que controla o acúmulo de íons nas folhas.

A maior tolerância de uma leguminosa ao excesso de manganês, segundo MORRIS & PIERRE (1949) é devida, provavelmente, à quantidade do elemento absorvida pela planta e à sua capacidade de suportar as altas concentrações absorvidas, imobilizando o excesso do elemento nas raízes, ou outras partes da planta (FOY, 1976).

De acordo com FREIRE (1976), a relação entre cálcio e manganês no tecido constitui um bom índice para a seleção de materiais quanto à tolerância ao manganês. As leguminosas tropicais têm-se mostrado mais eficientes em extrair o cálcio do solo que as de regiões temperadas (TRUONG et alii, 1971).

SOUTO & DOBEREINER (1969) estudando a tolerância de leguminosas forrageiras ao excesso de manganês, observaram que a *Centrosema pubescens* se mostrou a mais tolerante, seguindo-se a *Pueraria javanica*, *Glycine wightii*, var. SP1, *Glycine wightii* var. Tinaroo, *Stylosanthes gracilis* e *Macroptilium atropurpureum* cv. Siratro. Comparando-se a susceptibilidade de duas variedades de *Glycine wightii* (SP-1 e Tinaroo), os mesmos autores observaram vantagens na variedade SP-1, que se mostrou mais tolerante.

MATERIAL E MÉTODOS

Seleção das Espécies

Foram escolhidas quatro leguminosas forrageiras

tropicais, cujas sementes foram fornecidas pelo Instituto de Zootecnia da Secretaria de Agricultura do Estado de São Paulo - Estação Experimental de Nova Odessa: Galactia (*Galactia striata* (Jacq.) Urb); Soja perene (*Glycine wightii* cv. Tinaroo); Siratro (*Macroptilium atropurpureum* cv. Siratro) e Estilosantes (*Stylosanthes guianensis* cv. IRI 1022).

Obtenção de mudas

A fase experimental deste trabalho foi desenvolvida no Laboratório da Seção de Nutrição de Plantas do CENA - Centro de Energia Nuclear na Agricultura.

As sementes, após desinfecção por meio de lavagem com solução de hipoclorito de sódio diluído a 10%, foram colocadas para germinar em vermiculita umedecida com solução de sulfato de cálcio $10^{-4}M$ ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$ $10^{-4}M$).

Após a emergência, as plântulas foram levadas para a casa de vegetação. Ao atingirem cerca de 10 cm de altura, foram transplantadas para bandejas contendo solução nº 1 de HOAGLAND & ARNON (1950) diluída a 1/4, onde permaneceram por mais 15 dias quando transplantadas para vasos individuais, dando-se início aos tratamentos.

Condução do Ensaio

Nos vasos individuais com capacidade para 2,5 l, as plantas foram cultivadas em solução nº 1 de HOAGLAND & ARNON. Os micronutrientes foram fornecidos por meio da solução "a" sem manganês, e o ferro por meio do Fe-EDTA (etileno diamino tetra acetato dissódico) de acordo com MALAVOLTA (1979). O manganês foi fornecido como cloreto de manganês tetra hidratado ($MnCl_2 \cdot 4H_2O$).

Os tratamentos aplicados foram os seguintes:

Tratamentos	Concentração Mn
Completo	
Mn0	0
Mn ₁	25
Mn ₂	50
Mn ₃	100

As composições das soluções de trabalho, em ml/l, foram as seguintes:

Solução estoque	Mn0	Mn1	Mn2	Mn3
KH ₂ PO ₄ M	1	1	1	1
KNO ₃ M	5	5	5	5
Ca(NO ₃) ₂ M	5	5	5	5
MgSO ₄	2	2	2	2
Sol. Fe-EDTA	1	1	1	1
Sol. "a" - Mn	1	1	1	1
MnCl ₂ .4H ₂ O	0	5	10	20

Após o início dos tratamentos, as plantas permaneceram em solução nutritiva durante quatro semanas, recebendo arejamento por meio de tubos de plástico. As soluções foram trocadas a cada duas semanas e o volume dos vasos completado com água destilada diariamente.

Todas as espécies apresentaram ataque por ácaros, recebendo pulverização com clorobenzilato na proporção de 1 ml por litro a cada sete dias.

O efeito dos tratamentos foi observado diariamente fazendo-se anotações quando necessário.

As plantas foram colhidas 30 dias após o início dos tratamentos e suas raízes destacadas à altura do colo e lavadas em água destilada.

Raízes e partes aéreas foram acondicionadas em sacos de papel e colocadas em estufa a 70-80°C até secagem completa.

Após a secagem, o material foi pesado e triturado em moinho e as amostras acondicionadas em saquinhos plásticos para a realização das análises químicas.

Análises Químicas

As amostras foram divididas em duas partes e submetidas à digestão sulfúrica e digestão nitroperclórica de acordo com JORGENSEN (1977). Em seguida, os extratos foram utilizados para a determinação dos teores de macro e micronutrientes, pelos seguintes métodos:

Nitrogênio: Microkjeldahl

Fósforo: Colorimetria

Potássio, cálcio, magnésio, sódio, ferro, manganês e zinco: espectrofotometria de absorção atômica, de acordo com JORGENSEN (1977).

Boro: Espectrometria de plasma induzido em argônio

Enxofre: Turbidimetria por injeção em fluxo contínuo.

Análises Estatísticas

Para se avaliarem os efeitos dos tratamentos sobre o desenvolvimento das espécies estudadas, os seguintes parâmetros foram analisados estatisticamente:

- Peso da matéria seca das partes aéreas, raízes e total em relação às doses de manganês;
- Concentração de macro e micronutrientes nas partes aéreas e raízes em relação às doses de manganês.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com 4 repetições.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Sintomas de Toxidez

Galactia

Esta espécie mostrou sintomas leves de deficiência no tratamento Mn_0 , como clorose internerval branda e crescimento normal. Quando tratadas com 25 ppm de Mn as plantas apresentaram redução no crescimento, clorose e pontuações escuras ao longo das bordas. As folhas intermediárias tiveram suas margens recurvadas para baixo, mas sem pontuações.

Os mesmos sintomas apareceram no tratamento Mn_2 (50 ppm) mas com maior intensidade. O tratamento Mn_3 (100 ppm) provocou queda abundante de folhas. As plantas foram bem menores e as folhas mais novas mostraram

clorose intensa, enrugamento, enrolamento e pontuações marrons grandes em toda a sua extensão. O sistema radicular foi comprido e muito fino, de cor marrom escura.

Soja perene

As plantas deficientes foram menores que as testemunhas, com folhas cloróticas e raízes menos densas, mais finas e escurecidas.

As plantas tratadas com 25 ppm de Mn apresentaram os mesmos sintomas descritos para a Galactia. O tratamento Mn₂ (50 ppm) agravou esses sintomas. As folhas mais novas se tornaram quase brancas. As pontuações das bordas evoluíram para necrose, atingindo a folha toda. Houve queda das folhas afetadas e as raízes se tornaram mais finas e escuras. O tratamento Mn₃ (100 ppm) provocou queda quase total das folhas. As hastes se tornaram ressecadas e as raízes muito finas, compridas, com poucas ramificações, escuras e de aparência pegajosa e sem viço.

Siratro

Os sintomas de deficiência foram iguais aos apresentados pelas outras espécies, bem como os sintomas de toxidez nos dois níveis mais baixos de manganês. O tratamento Mn₃ (100 ppm) reduziu bastante a produção de massa verde e provocou intensa queda de folhas, com sintomas graves na folhagem e raízes, semelhantes aos observados nas outras espécies.

Estilosantes

Os sintomas de deficiência foram menos severos pa-

ra esta espécie. Os sinais de toxidez se manifestaram apenas no tratamento Mn₂ (50 ppm). Quando submetidas ao tratamento Mn₃ (100 ppm) as plantas mostram sintomas semelhantes aos descritos anteriormente, mas um pouco menos severos.

Sintomas semelhantes aos observados são descritos por MORRIS & PIERRE (1949) com trevo, amendoim, lespedeza e soja, HEENAN & CARTER (1976) com quatro variedades de soja (*Glycine max* L.); FLEMING et alii (1974) em *Eragrostis curvula* e *Fistuca arundinacea* e FOY (1976).

Produção de Matéria Seca

Os dados da produção de matéria seca das quatro espécies estudadas estão relacionadas nas Tabelas 1, 2, 3, e 4.

A Tabela 1 demonstra que a deficiência de manganês afetou a produção de matéria seca da parte aérea e das raízes da galactia, igualando-a estatisticamente às produções observadas nos tratamentos Mn₂ e Mn₃.

Pelos dados da Tabela 2, observa-se que o tratamento completo diferiu estatisticamente ao nível de 5% de todos os outros tratamentos. Adicionando-se manganês ao meio observou-se que a produção de matéria seca das partes aéreas e raízes atingiu seu mínimo no tratamento Mn₁, não se modificando com a elevação da concentração do elemento tóxico. O excesso de manganês afetou a produção de soja em todos os níveis estudados.

Tabela 1. Produção de matéria seca da *Galactia striata* (jacq) Urb, em g/planta. Médias de 4 repetições.

Tratamento	Parte aérea	Raízes	Total
Completo	2,39 a	0,68 a	3,07
Mn ₀ - 0 ppm Mn	1,51 ab	0,24 b	1,75 ab
Mn ₁ - 25 ppm Mn	2,66 a	0,28 ab	2,94 a
Mn ₂ - 50 ppm Mn	1,79 ab	0,20 b	2,00 ab
Mn ₃ - 100 ppm Mn	1,13 b	0,18 b	1,30 b
F	3,22+	3,22+	4,95++
CV %	44,74	44,74	42,53
d.m.s. (5%)	1,43	0,43	1,41

- Os valores seguidos pelas mesmas letras não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

F-Indica variação significativa entre os tratamentos ao nível de 5% (+) ou 1% (++) .

Tabela 2. Produção de matéria seca da *Glycine wightii* Verde cv. Tinaroo, em g/planta. Média de 4 re petições.

Tratamento	Parte aérea	Raízes	Total
Completo	1,81 a	1,12 a	2,93 a
Mn ₀ - 0 ppm Mn	1,00 b	0,23 b	1,23 b
Mn ₁ - 5 ppm Mn	0,74 b	0,17 b	0,91 b
Mn ₂ - 10 ppm Mn	0,71 b	0,14 b	0,85 b
Mn ₃ - 20 ppm Mn	0,58 b	0,14 b	0,72 b
F	10,69++	3,85+	14,52++
CV %	54,64	43,75	34,13
d.m.s. (5%)	0,61	0,71	0,98

- Os valores seguidos pelas mesmas letras não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

F-significa variação significativa entre os tratamentos a nível de 5% (+) ou 1% (++) .

Tabela 3. Produção de matéria seca do *Macroptilium atropurpureum* cv. Siratro, em g/planta. Médias de 4 repetições.

Tratamento	Parte aérea	Raízes	Total
Completo	14,93 a	3,48 a	18,41 a
Mn ₀ - 0 ppm Mn	11,07 b	1,73 ab	12,80 b
Mn ₁ - 5 ppm Mn	7,61 c	1,77 ab	9,38 c
Mn ₂ - 10 ppm Mn	4,24 d	1,28 b	5,52 d
Mn ₃ - 20 ppm Mn	3,91 d	1,34 b	5,25 d
F	146,49++	3,97++	67,76++
CV %	52,22	59,90	50,54
d.m.s. (5%)	1,57	1,86	2,69

- Os valores seguidos pelas mesmas letras não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% pelo Teste de Tukey.

F-Significa variação significativamente entre os tratamentos a nível de 5% (+) ou 1% (++) .

Para o siratro, os dados de produção da parte aérea e total indicam ter havido superioridade do tratamento completo que diferiu estatisticamente do tratamento Mn₀ e este, dos demais tratamentos. A adição de manganês diminuiu a produção em todos os níveis estudados. O tratamento Mn₂ (50 ppm) proporcionou uma produção de ma-

têria seca próxima do mínimo não diferindo significativamente da produção obtida pelo tratamento Mn₃ (Tabela 3).

Tabela 4. Produção de matéria seca do *Stylosanthes guianensis* (Aubl.) Swartz cv. IRI 1022, em g/planta. Média de 4 repetições.

Tratamento	Parte aérea	Raízes	Total
Completo	3,28 a	0,57 a	3,85 a
Mn ₀ - 0 ppm Mn	3,44 a	0,36 a	3,80 a
Mn ₁ - 5 ppm Mn	3,04 a	0,46 a	3,50 a
Mn ₂ - 10 ppm Mn	2,69 a	0,39 ab	3,08 a
Mn ₃ - 20 ppm Mn	1,58 a	0,14 b	1,72 a
F	1,04	2,50	1,25
CV %	52,14	36,17	46,79
d.m.s. (5%)	2,98	0,31	3,04

- Os valores seguidos pelas mesmas letras não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% pelo Teste de Tukey.

F-significa variação significativa entre os tratamentos a nível de 5% (+) ou 1% (+++).

De acordo com a Tabela 4, os dados de produção do estilosantes indicam sua tolerância às elevações na con-

centração de manganês do meio. O peso da matéria seca total e da parte aérea não diferiu estatisticamente entre o tratamento completo e os demais tratamentos o que indica não ter havido diferença significativa de produção com a elevação dos teores de manganês.

As doses de manganês utilizadas e as produções de matéria seca da parte aérea das quatro espécies foram submetidas a análise de regressão, obtendo-se as equações relacionadas na Tabela 5.

Tabela 5. Efeito de doses crescentes de manganês sobre a produção de matéria seca da *Galactia striata* (Jacq) Urb. *Glycine wightii* Verde cv. Tinaroo, *Macroptilium atropurpureum* cv. Siratro e *Stylosanthes guianensis* (Aubl.) Swartz cv. IRI 1022.

Espécie	Equações de regressão
Galactia	$Y = 1,51 + 0,110x - 0,00304x^2 + 0,000019x^3$
Soja	$Y = 0,000 - 0,0175x + 0,00034x^2 - 0,000002x^3$
Siratro	$Y = 11,07 - 0,1197x - 0,00116x^2 + 0,0000164x^3$
Estilosantes	$Y = 3,44 - 0,0702x + 0,00197x^2 + 0,0000146x^3$

x = doses de manganês em ppm.

y = produção de matéria seca em g/planta.

As equações relacionadas na Tabela 5 estão representadas na Figura 1, que ilustra graficamente o efeito nas doses de manganês sobre a produção de matéria seca da parte aérea das quatro leguminosas estudadas.

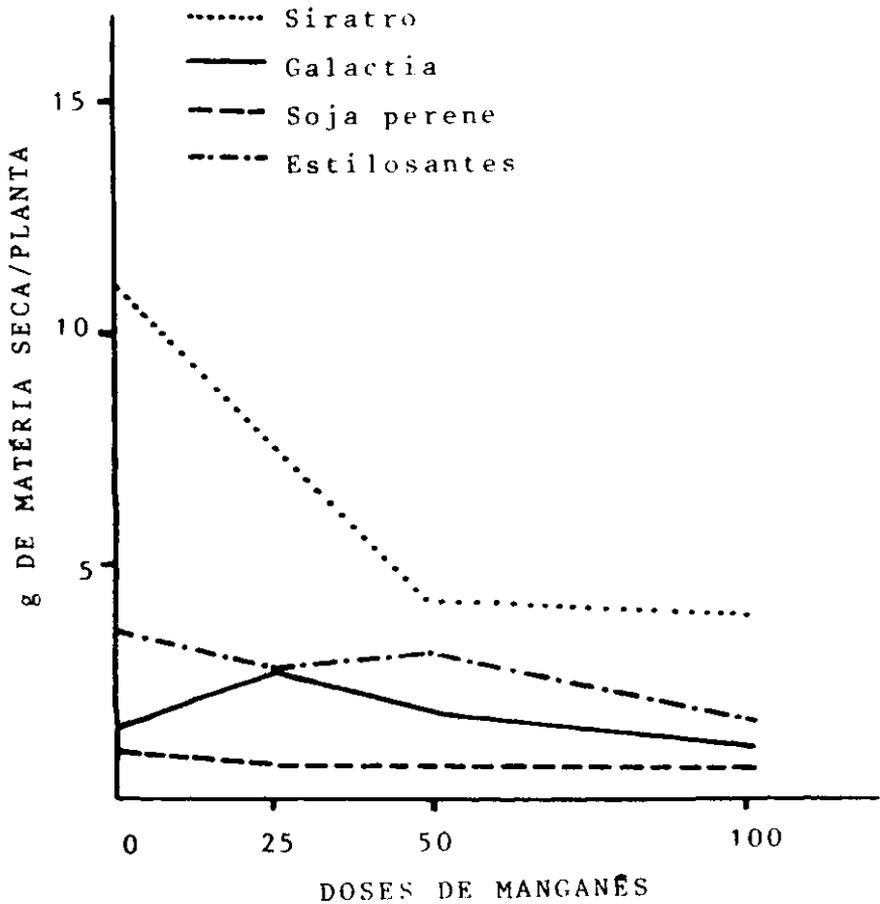


Figura 1. Relação entre as doses de manganês e a produção de matéria seca da parte aérea da galactia, soja perene, siratro e estilosantes.

Efeitos do Manganês na Composição Mineral

Os resultados obtidos estão contidos nas Tabelas 6 a 13.

Os dados constantes das Tabelas 6 e 7 mostram que, para a galactia, a elevação dos níveis de manganês na solução provocou uma diminuição na concentração de fósforo e cálcio nas raízes e partes aéreas, e de potássio e enxofre nas raízes; a concentração de zinco foi elevada na parte aérea e as de cobre e manganês o foram para a planta toda.

A soja perene (Tabelas 8 e 9) apresentou teores de crescentes de fósforo em toda a planta com as doses mais elevadas de manganês, teores menores de potássio, cálcio, magnésio, enxofre e boro nas raízes; concentrações mais elevadas de zinco e cobre nas partes aéreas e de manganês em toda a planta.

O siratro (Tabelas 10 e 11) quando submetido ao excesso de manganês, teve diminuídas as concentrações de cálcio nas raízes e partes aéreas, potássio e enxofre nas raízes e magnésio nas partes aéreas; aumentados os teores de potássio e enxofre nas partes aéreas, cobre e boro nas raízes e manganês e zinco em toda a planta, em relação ao tratamento completo.

O estilosantes tratado com altas doses de manganês mostrou elevação nos teores de fósforo, ferro, cobre e magnésio nas raízes em relação ao tratamento completo e de manganês em toda a planta. (Tabelas 12 e 13).

Tabela 6. Efeito de níveis crescentes de Mn na composição mineral da galactia (*Galactia strizata* Jacq. Urb.). Teores de macronutrientes. Médias de 4 repetições.

	% N		% P		% K		% Ca		% Mg		% S	
	Parte aérea	Raiz	Parte aérea	Raiz	Parte aérea	Raiz	Parte aérea	Raiz	Parte aérea	Raiz	Parte aérea	Raiz
Completo	3,55	3,33	0,52	0,81	5,09	4,71	3,74	1,67	0,44	0,37	0,23	0,48
0 ppm Mn	3,65	3,21	0,34	0,54	3,78	4,75	4,85	1,21	0,50	0,46	0,40	0,67
25 ppm Mn	3,04	3,77	0,46	0,43	3,68	1,91	3,10	0,84	0,35	0,28	0,30	0,28
50 ppm Mn	2,72	3,31	0,34	0,33	4,25	2,72	3,00	0,68	0,43	0,25	0,25	0,25
100 ppm Mn	2,54	3,33	0,30	0,37	4,03	2,68	3,15	0,67	0,45	0,17	0,30	0,29
F	13,86**	2,31	4,75*	37,50**	4,27*	3,53*	7,71**	36,75**	2,62	2,50	2,50	8,44**
d.m.s. 5%	0,57	0,80	0,20	0,16	1,20	3,22	1,22	0,40	0,15	0,40	0,17	0,36
CV %	16,13	7,37	30,77	51,53	17,07	32,68	24,37	40,59	18,60	41,94	30,00	46,15

F: Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

**Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela 7 - Efeito de níveis crescentes de alumínio na composição mineral da galactia (*Galactia striata* Jacq. Urb.). Teores de micronutrientes e de alumínio

	Fe ppm		Cu ppm		Mn ppm		Zn ppm		8 ppm		Al ppm	
	P. aérea	Raiz	P. aérea	Raiz	P. aérea	Raiz	P. aérea	Raiz	P. aérea	Raiz	P. aérea	Raiz
0 ppm Al	184,75	31.168	4,98	7,98	229,8	752,8	15,3	52,3	62,0	79,0	182,3	959,8
5 ppm Al	289,50	13.883	5,60	9,20	264,0	796,0	28,8	51,1	54,3	67,3	271,3	4.418,8
10 ppm Al	295,25	9.365	5,60	7,40	226,3	701,5	35,0	54,0	58,5	63,0	308,8	6.804
20 ppm Al	274,25	11.648	6,10	11,10	172,0	431,0	42,5	44,8	58,3	44,3	278,8	14.400
F	7,08**	12,41**	0,85	2,57	2,67	2,12	14,93**	0,53	0,29	3,01	3,26	54,437**
d.m.s.5%	108,28	118,69	2,1	4,26	97,65	474,24	12,56	23,14	24,51	34,92	126,80	120,59
C.V. %	29,42	61,94	17,81	26,12	24,09	37,27	38,28	20,77	18,58	31,07	27,97	79,47

F: * Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela 6. Efeito de níveis crescentes de Mn na composição mineral da soja perene (*Glycine wightii* Verde, cv. Tinaron). Teores de macrominerais. Médias de 4 repetições.

	Σ N		Σ P		Σ K		Σ Ca		Σ Mg		Σ S	
	P. aérea	Raiz	P. aérea	Raiz	P. aérea	Raiz	P. aérea	Raiz	P. aérea	Raiz	P. aérea	Raiz
Completo	2,98	2,75	1,57	1,45	3,67	3,52	2,67	2,42	0,45	0,46	0,20	0,64
0 ppm Mn	2,47	2,80	0,93	1,32	4,03	4,71	3,00	1,35	0,60	0,42	0,25	0,55
25 ppm Mn	2,23	2,70	0,68	0,98	4,35	2,92	3,00	0,87	0,60	0,36	0,28	0,35
50 ppm Mn	2,37	2,31	1,31	0,78	2,38	2,10	2,00	0,81	0,38	0,26	0,20	0,32
100 ppm Mn	2,28	2,38	1,66	0,89	3,38	2,63	3,00	0,71	0,55	0,30	0,25	0,36
F	12,17**	6,41**	10,04**	2,20	5,29**	10,75**	1,84	4,59*	4,00*	16,88**	0,83	6,67**
d.m.s.	0,37	0,52	0,57	1,13	1,40	1,85	1,40	1,73	0,22	0,12	0,18	0,32
CV %	13,01	8,88	36,59	31,19	25,00	60,98	25,18	30,91	25,00	22,22	29,17	31,82

F: significativo ao nível de 5% de probabilidade.

d.m.s.: significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela 9. Efeito de níveis crescentes de Mn na composição mineral de soja perene (*Glycine tomentosa* Verde cv. Timaroo) Teores de micronutrientes.

	ppm Fe		ppm Cu		ppm Mn		ppm Zn		ppm S	
	P. aérea	Raiz	P. aérea	Raiz	P. aérea	Raiz	P. aérea	Raiz	P. aérea	Raiz
Completo	282,8	32402,5	5,48	13,83	239,3	1588,3	18,0	61,3	56,3	60,8
0 ppm Mn	369,0	35525,0	5,15	15,60	276,5	471,3	27,3	157,0	112,5	164,0
25 ppm Mn	393,0	32280,0	8,75	16,70	2239,5	6270,0	79,5	219,0	125,0	104,0
50 ppm Mn	251,3	22210,0	8,03	16,50	1794,0	2943,0	52,0	209,0	57,5	74,0
100 ppm Mn	394,5	34600,0	10,00	16,60	3153,3	3841,0	74,5	68,0	92,5	93,0
F	4,18*	9465,14**	7,94**	0,38	149,55**	1413,39**	10,31**	77,93**	5,71**	15,70**
d.m.s. 5%	142,37	286,27	3,26	11,06	453,58	336,40	37,39	48,46	57,31	66,63
CV %	24,90	22,84	31,28	14,76	76,56	69,40	50,57	50,05	41,70	39,95

F: * Significativo ao nível de 5% de probabilidade.
 ** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela 10 - Efeitos de níveis crescentes de Al na composição mineral do Siratro (*Macroptilium atropurpureum* cv. siratro). Teores de macronutrientes.

	% N		% P		% K		% Ca		% Mg		% S	
	P. aérea	Raiz	P. aérea	Raiz	P. aérea	Raiz	P. aérea	Raiz	P. aérea	Raiz	P. aérea	Raiz
0 ppm Al	2,74	3,11	0,43	0,90	2,75	4,18	2,09	0,92	0,70	0,34	0,09	1,03
5 ppm Al	2,87	3,56	0,10	0,51	3,56	3,01	1,58	1,09	0,51	0,26	0,16	0,50
10 ppm Al	2,90	3,13	0,10	0,73	3,19	4,38	1,73	1,02	0,56	0,26	0,16	0,59
20 ppm Al	3,06	3,40	0,12	0,52	3,89	3,21	1,65	0,56	0,62	0,16	0,18	1,05
F	9,33**	3,17	1,43	1,38	6,06**	1,25	4,07*	5,00*	3,21	4,00*	0,22	15,87**
d.m.s. 5%	0,18	0,50	0,57	0,65	0,84	2,58	0,48	0,44	0,19	0,15	0,37	0,29
C.V. %	4,84	9,09	78,95	50,00	17,01	34,05	16,48	31,11	18,33	36,00	26,67	36,71

F: * Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela II. Efeito de níveis crescentes de Mn na composição mineral do siratro (*Macroptilium atropurpureum* cv. siratro). Teores de micronutrientes).

	ppm Fe		ppm Cu		ppm Mn		ppm Zn		ppm B	
	P. aérea	Raiz	P. aérea	Raiz	P. aérea	Raiz	P. aérea	Raiz	P. aérea	Raiz
Completo	500,25	1898,5	7,03	17,43	92,5	617,5	20,8	38,3	47,3	211,5
0 ppm Mn	630,50	3757,8	10,40	34,83	119,0	356,8	47,5	64,0	80,3	303,5
25 ppm Mn	686,80	5106,8	9,80	45,20	1915,5	37897,5	66,8	74,8	69,5	230,3
50 ppm Mn	613,50	3437,3	9,50	32,90	5932,0	28245,0	50,0	52,8	108,5	231,3
100 ppm Mn	351,50	3779,3	9,50	31,90	6729,3	41315,0	41,8	63,0	82,8	213,3
F	3,72*	1,57	3,53*	12,42**	119,81**	33,83**	4,33*	3,89*	3,81*	0,63
d.m.s. 5%	301,81	4619,61	2,84	12,30	1269,18	15017,34	34,85	30,48	49,71	207,60
CV %	31,12	63,12	17,88	32,01	100,17	86,66	45,89	30,23	36,99	38,35

F: * Significativo ao nível de 5% de probabilidade.
 ** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela 12. Efeito de níveis crescentes de Mn na composição mineral de estilingantes (*Syngonium podocarpum* Aubl. Swartz cv. IRI 1022) Teor em de macrominerantes. Média de 4 repetições.

	N		P		K		Ca		Mg		S	
	P. aérea	Raiz	P. aérea	Raiz	P. aérea	Raiz	P. aérea	Raiz	P. aérea	Raiz	P. aérea	Raiz
Completo	2,57	3,63	0,66	1,27	3,51	3,76	2,17	1,66	0,82	0,43	0,44	0,66
0 ppm Mn	2,80	3,19	0,70	1,92	2,54	5,92	2,67	1,97	0,38	0,53	0,33	0,95
25 ppm Mn	2,48	3,58	0,59	1,57	2,90	4,19	2,07	1,57	0,37	0,45	0,29	0,97
50 ppm Mn	2,43	3,51	0,54	1,78	2,82	4,25	2,43	1,36	0,38	0,43	0,33	0,88
100 ppm Mn	2,40	3,24	0,64	1,85	4,56	3,29	1,99	1,55	0,45	0,39	0,41	0,89
F	1,77	2,22	1,88	8,59**	5,28**	12,55**	3,59	7,31**	0,83	2,50	3,77**	0,75
d.m.s. 5%	0,52	0,76	0,19	9,52	1,53	1,61	0,72	0,64	0,17	9,16	0,15	0,80
CV %	10,28	6,71	15,71	16,07	29,45	23,09	14,10	20,13	19,00	13,64	25,83	21,84

F: * Significativo ao nível de 5% de probabilidade.
** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

Tabela 3. Efeito de níveis crescentes de Mn na composição mineral do estilosantes (*Stylosanthes guianensis* Aubl Swartz cv. IRI 1022). Teores de micronutrientes médios de quatro repetições.

	ppm Fe		ppm Cu		ppm Mn		ppm Zn		ppm B	
	P. aérea	Raiz	P. aérea	Raiz	P. aérea	Raiz	P. aérea	Raiz	P. aérea	Raiz
Completo	600,0	4305,0	5,46	19,2	90,3	584,0	25,5	52,0	70,8	83,0
0 ppm Mn	698,8	11865,0	3,65	23,4	50,3	192,0	36,3	88,0	74,3	135,5
25 ppm Mn	558,3	6661,5	2,78	26,2	1627,0	4524,0	19,2	80,0	73,0	94,0
50 ppm Mn	612,5	7344,0	4,10	22,3	3277,0	8859,5	29,5	58,5	64,8	96,5
100 ppm Mn	510,0	12320,0	3,75	40,9	5719,3	10394,5	33,5	110,5	85,0	142,0
F	1,21	6,22**	1,38	6,39**	125,83**	91,06**	4,19*	6,46*	0,71	33,99**
d.m.s. 5%	278,59	7915,26	1,81	19,22	913,18	2776,13	14,31	52,64	38,13	26,02
CV %	21,86	42,21	24,51	32,86	102,08	90,04	29,44	31,16	22,99	23,22

F: * Significativo ao nível de 5% de probabilidade.
 ** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Os dados obtidos estão de acordo com FREIRE (1976), MORRIS & PIERRE (1949) e TRUONG *et alii* (1971) para os efeitos do manganês sobre a absorção de cálcio, com MALA VOLTA (1976) para os efeitos sobre a absorção de magnésio e REDDY *et alii* (1978) para os efeitos da toxidez mangânica sobre a absorção de zinco.

CONCLUSÕES

Os sintomas de carência ou toxidez observados e o uso de análise de variância utilizando os dados da produção de matéria seca e da composição mineral das quatro leguminosas estudadas, permitem que se chegue às seguintes conclusões:

a) As espécies pesquisadas diferem em sua resposta à adição de doses crescentes de manganês no meio.

b) As leguminosas podem ser classificadas em sensíveis (soja e siratro) e tolerantes (galactia e estilosañtes), com base nos dados de produção de matéria seca.

c) O excesso de manganês provocou uma diminuição nos teores de cálcio e potássio nas raízes das plantas mais afetadas; elevação da concentração de zinco nas partes aéreas e de manganês na planta toda.

d) Os sintomas observados de deficiência e de excesso de manganês estão de acordo com os relatados em experimentos utilizando leguminosas tropicais.

SUMMARY

MANGANESE EFFECTS ON THE DEVELOPMENT AND THE MINERAL COMPOSITION OF FOUR TROPICAL FORAGE LEGUMES

Four tropical forage legumes (*Galactia striata*, *Glycine wightii*, *Macroptilium atropurpureum* and *Stylosanthes guianensis*), were grown in nutrient solution under varying levels of manganese (0, 25, 50 e 100 ppm).

With respect to the differential tolerance between the species, the following was observed:

a) *Stylosanthes* was not affected neither in terms of growth nor in terms of symptoms of toxicity. *Galactia* was relatively less tolerant: its growth was significantly reduced by 100 ppm of Mn in the substrate which also caused severe toxicity symptoms.

b) *Glycine* and *Macroptilium* were sensitive to high Mn. Growth of the former was decreased by 25 ppm, being not further reduced by higher concentrations. The Mn concentration of 50 ppm caused the highest reduction of the growth of *Macroptilium*. Toxicity symptoms were more acute in the case of *Glycine*.

c) The addition of Mn induced a decrease in the content of K, Ca and Mg. The levels of Cu and Zn in the tops decreased whereas the Mn concentration increased in the whole plant.

LITERATURA CITADA

- BROWN, J.C. & JONES, W.E., 1977. Manganese and iron toxicities dependent on soybean variety. **Commun. in Soil Sci and Plant Analysis**, 8(1):1-15.
- BUCKMAN, H.O. & BRADY, N.C., 1974. **Natureza e propriedade de dos solos**. Livraria Freitas Bastos. Rio de Janeiro, 594 p.
- CARTER, D.G.; ROSE, I.A. & READING, P.F., 1975. Variation in susceptibility to manganese toxicity in 30 soybean genotypes. **Crop Science**, 15:730-732.
- CHENG, B.T. & OUELLETTE, G.J., 1971. Effects of organic amendments on manganese toxicity in potatoes as measure by sand and soil culture studies. **Plant and Soil**, 34:165-181.
- DANTAS, J.P., 1978. **Nutrição mineral do feijão macassar (*Vigna sinensis* L. Endl.)**. Dissertação de Mestrado. Piracicaba, ESALQ/USP. 121 p.
- DAHIYA, S.S. & SINGH, M., 1977. Effect of CaCO_3 and iron applications on the availability of manganese in light-textured soil. **Plant and Soil**, 46:239-243.
- DOBEREINER, J. & ALVAHYDO, R., 1966. Eliminação da toxicidade de manganês pela matéria orgânica em solo "Gray Hidromórfico". **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 1: 243-248.
- EPSTEIN, E., 1975. **Nutrição mineral das plantas - princípios e perspectivas**. Editora Universidade de São Paulo. 341 p.
- FLEMING, A.L.; SCHWARTZ, J.W. & FOY, C.D., 1974. Chemical factors controlling the adaptation of Weeping Lovegrass and Tall Fescue to acid Mine Spoils. **Agronomy Journal**, 6(66):715-719.

- FOY, C.D., 1976. Differential aluminum and manganese tolerances of plant species and varieties in acid soils. In: Simpósio sobre Melhoramento das Plantas para Resistência à toxicidade de Alumínio e Manganês no Solo. **Ciência e Cultura**, 28(2):150-155.
- FREIRE, J.P., 1976. Efeito do Cálcio e do pH na absorção do manganês pelos solos e sua toxicidade às plantas. Dissertação de Mestrado. Piracicaba, ESALQ/USP, 49 p.
- HEENAN, D.P. & CARTES, O.G., 1975. Response of two soya bean cultivars to manganese toxicity as affected by pH and calcium levels. **Austr. J. Agric. Res.**, 26: 967-974.
- HEENAN, D.P. & CARTER, O.G., 1976. Tolerance of soybean Cultivars to manganese toxicity. **Crop Science**, 16: 389-391.
- HEENAN, D.P. & CARTES, O.G., 1977. Influence of temperature on the expression of manganese toxicity by two soybean varieties. **Plant and Soil**, 47:219-227.
- JONES, W.F. & NELSON, L.E., 1978. Response of field grown soybeans to lime. **Commun. In Soil Sci and Plant Analysis.**, 9(7):607-614.
- JORGENSEN, S.S., 1977. Some methods used for routine chemical analysis. Laboratory Manual. Centro de Energia Nuclear na Agricultura. Piracicaba, ESALQ/USP, 22 p.
- LABANAUSKAS, C.K., 1966. Manganese. In: Diagnostic Criteria for Plants and Soils. University of California, p. 264-285.
- LEVEQUE, L.A. & BELEY, J., 1959. Contribution a l'étude de la nutrition minerale de l'arachide (*Arachis hypogaea*). *Effets des toxicités borique et manganique*. **L'Agronomie Tropicale**, XIV(1):684-710.

- MALAVOLTA, E., 1976. **Manual de Química Agrícola**. Editora Agronômica Ceres, São Paulo.
- MALAVOLTA, E.; SARRUGE, J.R. & BITTENCOURT, V.C., 1977. Toxidez de alumínio e manganês. In: IV Simpósio sobre o Cerrado. São Paulo, p. 275-301.
- MALAVOLTA, E., 1979. Deficiência de macro e micronutrientes e toxidez de Cl, Mn e Al no sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* L.). Curso de Pós-Graduação de Solos e Nutrição de Plantas. CENA. 12 p.
- MALAVOLTA, E., 1980. **Elementos de Nutrição Mineral de Plantas**. Editora Agronômica Ceres, São Paulo. 251 p.
- MONIZ, A.C., 1972. **Elementos de pedologia**. Editora da Universidade de São Paulo. 459 p.
- MORRIS, H.D. & PIERRE, W.H., 1949. Minimum concentrations of manganese necessary for injury to various legumes in culture solutions. **Agron. Journal**, 41: 107-112.
- PREVOT, P.; OLLAGNIER, M. & BRUGIERE, J.M., 1955. Dégredation du sol et toxicité manganique. **Oléagineux**, 4:239-243.
- REDDY, K.R.; SAXENA, M.C. & PAL, J.R., 1978. Effect of iron and manganese on Zn⁶⁵ absorption and translocation in soybean seedlings. **Plant and Soil**, 49:409-415.
- SIMAN, A.; CRADACK, F.W.; NICHOLLS, P.J. & KIRTON, H.C., 1971. Effects of calcium carbonate and ammonium sulphate on manganese toxicity in an acid soil. **Austr. J. Agric. Res.**, 22:201-204.
- SOUTO, S.M. & DOBEREINER, J., 1969. Toxidez de manganês em leguminosas forrageiras tropicais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 4:129-138.

- SOUTO, S.M. & DOBEREINER, J., 1969. Fixação de N e estabelecimento de duas variedades de soja perene (*Glycine javanica*) com três níveis de fósforo e cálcio, em solo com toxidez de manganês. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 4:59-66.
- SUTTON, C.D. & HALLSWORTH, E.G., 1958. Studies on the nutrition of forage legumes. **Plant and Soil**, IX:305-317.
- TRUONG, N.V.; WILSON, G.L. & ANDREW, C.S., 1971. Manganese toxicity in pasture legumes. I. Effects of calcium and phosphorus levels in the substrate. **Plant and Soil**, 34:309-330.
- VIDOR, C. & FREIRE, J.R.J., 1972. Controle da toxidez de alumínio e manganês em *Glycine max* (L.) Merrill pela calagem e adubação fosfatada. **Agron. Sulriogr.**, VIII(1):73-87.
- WILLIAMS, D.E. & VLAMIS, J., 1957. Manganese and boron toxicities in standard culture solutions. **Proc. of the Soil Sci. Soc. of America**, 21:205-209.