

ELIMINAÇÃO DA TOXIDEZ DE MANGANÊS PELA MATÉRIA ORGÂNICA EM SOLO "GRAY HIDROMÓRFICO"¹

JOHANNA DÖBEREINER² e ROBERTO ALVAHYDO³

Sumário

Com base em observações de que o enterrio de capim trazia melhoras ao desenvolvimento de soja em solo "Gray Hidromórfico" apresentando toxidez de manganês, foram realizados três experimentos com este solo em casa de vegetação com feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). Com intuito de comprovar e explicar o efeito da matéria orgânica e ainda compará-lo com outros meios de eliminação da toxidez de manganês, incluiu-se os seguintes tratamentos nos três experimentos citados: doses crescentes de matéria orgânica, (casca de arroz ou casca de arroz misturada com grama fresca), de argila e de sacarose, bactérias oxidantes de manganês, revestimento calcário da semente e calagem do solo.

Todos os tratamentos com matéria orgânica (excluindo a sacarose) diminuíram a absorção de manganês pelo feijão e aumentaram consideravelmente o seu peso seco. A argila teve efeito comparável embora menos pronunciado e a inoculação com bactérias oxidantes de manganês menor ainda, embora significativo. Como esperado, o revestimento calcário das sementes ou a calagem do solo também reduziram a toxidez de manganês do solo. A sacarose teve efeito inverso.

Conclui-se que o efeito da matéria orgânica deve ser atribuído a retenção do manganês provavelmente sob forma permutável não se podendo desprezar no entanto a hipótese de uma complexação.

INTRODUÇÃO

A toxidez de solos ácidos devida ao manganês vem sendo cada vez mais reconhecida como uma das causas do fraco desenvolvimento de plantas, especialmente leguminosas, nestes solos (Schmehl *et al.* 1950, Kliewer 1961, Döbereiner 1965). Os autores em trabalho anterior (Döbereiner & AlvaHYDO 1963) verificaram que a toxidez de manganês se apresentava em todos os solos da série Ecologia (Gray Hidromórfico) analisados, série esta que ocupa considerável área do IPEACS.

Observações sobre o melhor desenvolvimento de leguminosas nos solos mencionados, extremamente arenosos, em manchas onde havia sido enterrado capim, levaram os autores a pensar neste método muito simples de corrigir a citada toxidez. Se fossem comprovadas as observações mencionadas estaria ocorrendo um caso curioso, pois teoricamente, quer

pelo abaixamento de pH, quer pelas condições de redução levadas ao solo pela matéria orgânica, a tendência seria aumentar o teor de manganês divalente e portanto a toxidez.

Um outro método simples de eliminação da toxidez foi idealizado com base nos trabalhos (Timonin 1947), nos quais foi observada a deficiência de manganês em aveia, nas plantas com rizosfera rica em bactérias oxidantes de manganês.

Para avaliação da eficiência dos métodos acima citados, usou-se para comparação o método clássico, isto é, a calagem mas aproveitou-se ainda os experimentos para testar um quarto método o revestimento calcário das sementes, o qual já fôra objeto de trabalhos no mesmo sentido (Ruschel & Döbereiner 1965).

Os resultados apresentados no presente trabalho contribuem para elucidar alguns aspectos do problema em pauta.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram feitos três experimentos em casa de vegetação com feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em solo classificado como "Gray Hidromórfico" anteriormente designado como série "Ecologia". O solo foi colhido na profundidade de 0 a 40 cm em área, onde leguminosas, como a *Tephrosia candida* apresentavam elevado teor de manganês (1 400 ppm).

¹ Este trabalho foi recebido para publicação em 29 de novembro de 1965 e constitui o Boletim Técnico n.º 24 do Instituto de Pesquisas e Experimentação Agropecuárias do Centro-Sul (IPEACS). Apresentado no II Congresso Latino-Americano e X Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Piracicaba, São Paulo.

² Eng.º Agrônomo do IPEACS, Km 47, Campo Grande, Rio de Janeiro, e bolsista do Conselho Nacional de Pesquisas.

³ Chefe da Seção de Solos do IPEACS e Prof. Catedrático de Química Analítica da Escola Nacional de Agronomia, da Universidade Rural do Brasil, Km 47, Campo Grande, Rio de Janeiro.

A análise química do solo forneceu os seguintes resultados:

Te - 0,7mE/100g de solo
 pH - 5,0
 C - 0,07%
 N - 0,01%
 Ca - permutável - 0,2mE/100g
 K - permutável - 0,015mE/100g
 P₂O₅ - assimilável (Truog) inferior a 1mg/100g
 Mn - solúvel na água - 0,3ppm
 Mn - assimilável (extrator: NH₄H₂PO₄-3N) - 10,2ppm

A análise física revelou os seguintes dados:

Argila - 2,8%
 Silte - 2,6%
 Areia fina - 22%
 Areia grossa - 71%

Experimento 1

Trata-se de um experimento fatorial 3 x 2 x 2 com três repetições e os seguintes tratamentos: zero, um e três por cento de palha de capim colônião (capim seco) cortada e misturada ao solo; com e sem revestimento calcário das sementes; com e sem inoculação de bactérias oxidantes de manganês.

O revestimento calcário das sementes foi obtido umedecendo-as com cultura líquida de micro-organismos, à qual se acrescentara 50% de goma arábica em

pó. Em seguida agitou-se com CaCO₃ finamente pulverizado.

As culturas de *Rhizobium* empregadas em todos os tratamentos continham bactérias selecionadas para solos ácidos. As bactérias oxidantes de manganês foram obtidas da rizosfera do feijão cultivado em solo com toxidez de manganês. Para isto um meio de cultura contendo MnSO₄ foi inoculado com uma suspensão diluída do solo da rizosfera, tendo-se em seguida selecionado as colônias que precipitavam manganês como MnO₂.

Em todos os vasos foi feita uma adubação básica de PK (100ppm P₂O₅ e 40ppm K₂O) e micro-nutrientes contendo Mg. Usou-se 1 ml/kg de solo da seguinte solução:

MgSO ₄ .7H ₂ O	37,500g
CuSO ₄ .5H ₂ O	3,950g
ZnSO ₄ .7H ₂ O	2,227g
H ₂ BO ₃	0,250g
Na ₂ MoO ₄	1,750g
Fe ₂ (SO ₄) ₃	5,000g
Ácido cítrico	5,000g
Água - o suficiente para completar o volume de 250ml.	

As plantas foram colhidas na época da floração, foram secas a 65°C e pesadas. Os nódulos foram contados, secos e pesados.

QUADRO 1. Efeito da matéria orgânica, do revestimento calcário da semente, e das bactérias oxidantes de Mn++ no desenvolvimento e na composição química do feijão (médias de três repetições).

Tratamento	Palha %	pH do solo	Peso seco da planta (g/pote)	N total na planta (mg/pote)	Ca % planta	Mn ppm na planta
Revestimento calcário						
Bactérias oxidantes de manganês.....	0	5.0	3.7	108	0.66	598
	1	5.1	8.4	250	0.38	206
	3	6.1	11.3	308	0.53	60
Sem bactérias oxidantes de manganês.....	0	4.7	2.6	75	0.97	630
	1	4.9	6.8	208	0.49	126
	3	6.1	7.2	195	0.46	108
Sem Revestimento						
Bactérias oxidantes de manganês.....	0	4.3	1.0	21	0.64	865
	1	5.1	6.1	149	0.63	230
	3	5.7	10.1	255	0.37	53
Sem bactérias oxidantes de manganês.....	0	4.4	1.1	33	—	850
	1	5.1	4.6	115	0.41	192
	3	6.1	6.8	189	0.28	78

QUADRO 1-A. Efeito da matéria orgânica, do revestimento calcário e das bactérias oxidantes de Mn na nodulação do feijão (médias de três repetições)

Tratamento	Palha %	pH do solo	N.º de nódulos/pote	Peso de nódulos (mg/pote)	Peso médio de 100 nódulos (mg)
Revestimento calcário					
Bactérias oxidantes de manganês.....	0	5.0	87	193	278
	1	5.1	239	542	244
	3	6.1	336	338	110
Sem bactérias oxidantes de manganês.....	0	4.7	97	169	183
	1	4.9	299	558	189
	3	6.1	178	237	126
Sem revestimento					
Bactérias oxidantes de manganês.....	0	4.3	4	4	—
	1	5.1	194	351	150
	3	5.7	223	405	149
Sem bactérias oxidantes de manganês.....	0	4.4	6	4	—
	1	5.1	140	163	147
	3	6.1	150	250	124

O nitrogênio foi determinado pelo método de Kjeldahl, o manganês dosado colorimetricamente no produto da digestão da determinação de nitrogênio, após a adição de HNO_3 e oxidação com periodato de potássio. O cálcio foi determinado nas cinzas tratadas com HCl , precipitando-o como oxalato e dosando este último com KMnO_4 .

O efeito da matéria orgânica no peso seco das plantas, no N total e no teor de Mn foi significativo ao nível de 1% e o efeito do revestimento calcário no peso seco, N total e teor de Mn, ao nível de 5%. O efeito das bactérias oxidantes de Mn no peso seco das plantas foi significativo ao nível de 5%. Desdobrando a interação palha x revestimento calcário verifica-se no teor de Mn das plantas efeito significativo a 1% do revestimento da semente na ausência de palha.

O efeito da matéria orgânica e do revestimento calcário ao número e peso dos nódulos foi significativo ao nível de 1%. Não foi feita análise dos dados relativos ao peso médio de 100 nódulos.

Experimento 2

Foi um teste preliminar com duas repetições e os seguintes tratamentos: 0, 0,5, 1,0 e 2,0% de palhinha de arroz; CaCO_3 para atingir o pH de 6,0; 0,2% de sacarose; 0,2% de argila. As sementes de todos estes tratamentos levaram revestimento calcário. O teste ainda incluía uma testemunha geral sem tratamento algum (sem revestimento calcário).

A adubação básica deste experimento foi executada como descrito no Experimento 1.

Experimento 3

Foi um experimento de blocos ao acaso com quatro repetições e os seguintes tratamentos: 0, 0,5, 1,0 e 2,0% de palhinha de arroz; 0,5, 1,0 e 2% de mistura de palhinha de arroz; com grama (*Paspalum notatum*) fresca, na razão de 3:1 (na base seca); 0,05, 0,1 e 0,2% de uma argila montmorilonoide; 0,05, 0,1 e 0,2% de sacarose.

A sacarose foi aplicada em solução, e as substâncias restantes foram misturadas uniformemente com o solo de cada pote, na véspera do plantio. A adubação básica foi de 145 ppm de P_2O_5 , 40 ppm de K_2O e 20 ppm de Ca^{++} aplicados em soluções de $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ e K_2HPO_4 . Foi usada ainda a solução de micronutrientes contendo Mg descrita no Experimento 1. A colheita foi feita de modo idêntico ao do Experimento 1.

A medida dos potenciais de redução $-E_H$ (Redox) foi feita ao término do experimento, empregando-se eletrodos de platina e calomelano. O eletrodo de platina foi colocado no solo a aproximadamente 4cm de profundidade e 24 horas antes de

cada medida. O eletrodo de calomelano umedecido com água destilada, foi sempre colocado a 2 ou 3cm de profundidade e a aproximadamente 3cm de distância do eletrodo de platina. O teor de umidade do solo ao ser introduzido o eletrodo de platina era aproximadamente correspondente à capacidade de campo (em média 5%).

As medidas foram feitas num potenciômetro Beckman Zeromatic.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Experimento 1

Nos Quadros 1 e 1-A são apresentados os resultados do primeiro experimento. Tomado o peso seco como índice do desenvolvimento das plantas, observa-se que os três tratamentos aumentaram significativamente o crescimento do feijão.

O efeito do revestimento calcário muito provavelmente se deve ter feito sentir, em primeiro plano, através da fixação do nitrogênio atmosférico. Como pode ser observado, este efeito se mostra mais pronunciado na nodulação e no nitrogênio total fixado. Isto aliás poderia ser esperado, devido a proteção às bactérias, levadas ao terreno com as sementes e ainda

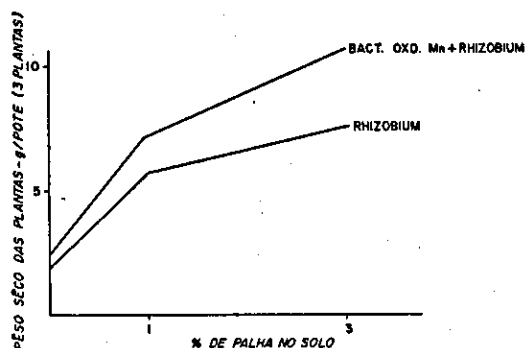


FIG. 1. Efeito da inoculação com bactérias oxidantes de manganês no crescimento do feijão.

ao fornecimento de cálcio, muito deficiente no solo em estudo e indispensável para uma nodulação eficiente. Observações semelhantes já foram feitas em outros experimentos (Ruschel & Döbereiner 1965). Sobre o efeito das bactérias oxidantes de manganês (Fig. 1), que se mostrou significativo no aumento do peso seco das plantas, sem ter reduzido o teor de manganês das mesmas, pouco se pode esclarecer. Infelizmente não foram determinados separadamente os teores do elemento em questão nas raízes e partes aéreas. Se houve uma oxidação e, conseqüentemente precipitação de manganês nas raízes é possível que o mesmo tenha sido computado ao ser analisada a planta como um todo. De qualquer modo, fica aberta uma questão, uma possibilidade de eliminação da

toxidez por meio de micro-organismos, talvez específicos, aspecto que os autores consideram de interesse.

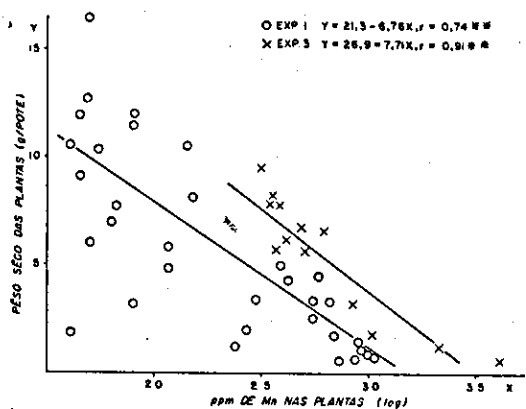


FIG. 2. Correlação entre a absorção de manganês pela planta e o seu desenvolvimento vegetal.

Dos três fatores estudados no Experimento 1, a matéria orgânica foi a que teve efeito mais pronunciado sobre o desenvolvimento das plantas, chegando mesmo a aumentar de 10 vezes o peso seco das mesmas. Esta melhoria pode ser explicada pelo decréscimo do teor de manganês, (Quadro 1) o que equivale a dizer eliminação da toxidez. Se esta não foi a única razão, foi pelo menos a principal. A correlação altamente significativa entre o teor de Mn na planta e seu peso seco (Fig. 2) vem em apóio desta hipótese. O efeito da matéria orgânica na eliminação da toxidez de Mn, poderia ser explicado de diferentes modos. Em se tratando de um solo como o dos experimentos, extremamente arenoso, e onde a pouca argila presente possui fraco poder de troca de cations, seria provável que atuasse pelo aumento deste último, podendo assim de certo modo reter mais Mn. Também é provável que se tivessem formado complexos, talvez quelatos, com o elemento em questão. Por outro lado não se poderia desprezar a hipótese de que a matéria orgânica elevando a população de micro-organismos fizesse com que estes imobilizassem o manganês, oxidando-o ou não.

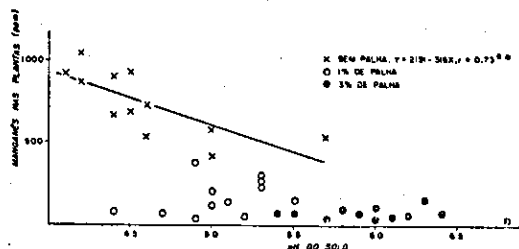


FIG. 3. Efeito do pH do solo na absorção do manganês pela planta.

Quanto as modificações causadas pela citada adição de matéria orgânica no PH, outro fator importante quando se tem em mira o manganês, o experimento mostrou (Fig. 3) que somente nos vasos sem adição de matéria orgânica se pode observar uma correlação entre o pH do solo e o teor de Mn das plantas. Nos vasos com matéria orgânica, o teor de Mn da planta mostrou-se independente do pH do solo. Conclui-se que o pH não devia ser o responsável.

Restava pois admitir: poder de troca, complexação e imobilização pelo aumento de micro-organismos.

Para estudar qual ou quais dentre eles teria papel importante, fêz-se o Experimento 2 (teste preliminar).

Experimento 2

A influência do poder de troca pode ser testada por um tratamento com pequenas porções de argila de alto poder de troca (montmorilonoide) e a imobilização do manganês por excesso de micro-organismos, através da adição de sacarose que não possui poder de troca e serve de alimento a maioria dos micro-organismos do solo.

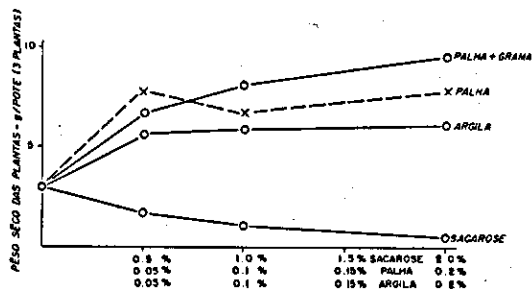


FIG. 4. Efeito de palha, argila e sacarose no crescimento do feijão.

Os resultados (Quadro 2) mostram que a adição de apenas 0,2% da argila montmorilonoide teve efeitos aproximadamente iguais àqueles obtidos com 2% de casca de arroz ou com uma calagem. A adição de sacarose não trouxe benefícios algum. Conclui-se que o poder de troca e provavelmente complexação foram os fatores principais na queda de absorção do manganês pela planta. Para confirmação fêz-se o Experimento 3.

Experimento 3

Neste experimento, desde que se jogava com diversos tratamentos com matéria orgânica, resolveu-se medir os potenciais de redução, fator de razoável importância no teor de Mn^{++} .

Os resultados apresentados nos Quadros 3 e 3-A mostram que a argila, a casca de arroz e a casca de arroz com grama, reduziram a absorção de manganês pela planta, o contrário acontecendo com a sa-

carose. Doses crescentes desta última aumentaram a absorção de manganês, reduzindo drasticamente o desenvolvimento das plantas. A correlação negativa entre o teor de Mn da planta e seu peso seco, pode ser vista na Figura 2. O efeito da sacarose pode ser atribuído ao abaixamento de pH no início do experimento ou a queda do potencial de redução. Nota-se no quadro 3-A pelos resultados das medidas deste último (ao fim do experimento), que os dois tratamentos que forneceram potenciais de redução mais baixos foram a sacarose e o tratamento grama + casca de arroz. Mas, enquanto no tratamento grama-casca de arroz deve ter havido uma compensação no aumento do poder de troca do solo, ou complexação dificultando a absorção de Mn pela planta, tal não deve ter acontecido com a sacarose. Por outro lado, os resultados obtidos com a sacarose confirmaram, que a redução da toxidez de Mn pela palha não foi devida a imobilização pelo aumento de micro-organismos.

Os experimentos executados levam a concluir que simplesmente a elevação do poder de permuta

de cations em solos como o usado, pode eliminar a toxidez de manganês. Considerando que além de elevar o poder de troca de cations a matéria orgânica ainda pode atuar formando complexos, provavelmente quelatos, encontramos uma razão lógica, para explicar a sua atuação mais eficiente que a da argila (Fig. 4). É possível e provável que a elevação do poder de retenção de água no solo seja outro fator a ser considerado, embora nestes experimentos tal acréscimo deva ter sido relativamente pequeno.

É possível que estes efeitos estudados possam explicar observações feitas em Minas Gerais (Guazeli 1964) e São Paulo (Myasaka 1965) indicando que a incorporação ao solo de uma adubação verde as vésperas da sementeira do feijão produzia efeitos extraordinários.

A análise estatística mostrou:

1) Os melhores tratamentos foram o da casca de arroz e o da casca de arroz com grama, os quais

QUADRO 2. Efeito da matéria orgânica e outros tratamentos no crescimento do feijão, em solo com toxidez de manganês (teste preliminar, médias de duas repetições)

Tratamento	pH do solo	Peso seco das plantas (g/pote)	Nódulos		
			N.º/pote	Peso (mg/pote)	Peso médio de 100 nódulos (mg)
Testemunha geral.....	4.7	0.3	0	0	—
Testemunha + Revestimento calcáreo.....	5.2	3.0	10	11	110
Casca de arroz.....	0.5% 5.7	7.6	185	280	151
	1.0% 5.5	7.7	197	307	155
	2.0% 5.6	11.6	355	710	200
CaCO ₃	5.8	10.5	318	575	180
Sacarose.....	0.2% 5.2	3.4	47	175	372
Argila montmorilonoide.....	0.2% 5.5	10.1	206	687	273

QUADRO 3. Efeito da matéria orgânica, da sacarose e da argila no desenvolvimento e na nodulação de feijão (médias de quatro repetições)

Tratamento do solo	pH do solo início do experimento	pH do solo fim do exp.	Peso seco da planta g/pote	N% na planta	N total na planta mg/pote	N.º de nódulos/pote	Peso de nódulos mg/pote	
Testemunha.....	0.0	5.8	5.1	3.1	2.96	92	89	0.262
Casca de arroz.....	0.5 %	5.6	5.3	7.8	3.05	238	252	0.687
	1.0 %	5.6	5.1	6.7	3.06	205	224	0.597
	2.0 %	7.1	5.2	7.8	2.96	231	252	0.599
Casca de arroz.....	0.5 %	5.8	5.3	6.7	3.04	204	268	0.625
+ grama fresca.....	1.0 %	6.0	5.6	8.1	2.75	223	289	0.572
Relação 3:1.....	2.0 %	5.8	5.9	9.5	3.02	287	298	0.626
Argila montmorilonoide.....	0.05%	5.2	5.2	5.7	3.21	183	190	0.492
	0.1 %	5.6	4.9	5.8	3.11	180	183	0.513
	0.2 %	5.8	5.3	6.1	2.87	157	162	0.348
Sacarose.....	0.05%	5.1	5.4	1.8	2.17	39	79	0.123
	0.1 %	4.6	5.5	1.1	2.03	22	32	0.034
	0.2 %	4.0	6.0	0.5	1.67	8	7	0.013

QUADRO 3-A. Efeito da matéria orgânica, da sacarose e da argila no teor de manganês da planta e potencial de redução do solo

Treatamento do solo	Teor de Mn na planta (ppm)	Potencial de redução do solo (mV) ^b
Testemunha.....	825 ^a	539
Casca de arroz.....	0.5 % 1.0 % 2.0 %	345 475 396
Casca de arroz.....	0.5 %	618 ^a
+ grama fresca.....	1.0 %	355
relação 3:1.....	2.0 %	315
Arg. montmorilonóide.....	0.05% 0.1 % 0.2 %	505 368 418
Sacarose.....	0.05% 0.1 % 0.2 %	1125 ^a 2200 ^a 4133 ^a
d m s	196	38

augmentaram o pêso sêco e N total das plantas e o pêso e número de nódulos. O segundo lugar foi ocupado pelo tratamento com argila. A sacarose baixou o pêso sêco das plantas e seu teor de N e pêso e número dos nódulos.

2) Dentro de cada tratamento só foram observadas diferenças no tratamento casca de arroz + grama em relação ao pêso sêco das plantas e no tratamento sacarose em relação ao número de nódulos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Eng.º Agr.º Dirce Pinto Facca de Souza Britto e demais membros da Seção de Documentação e Estatística do IPEACS, pela execução da análise estatística dos experimentos do presente trabalho.

ELIMINATION OF MANGANESE TOXICITY BY ORGANIC MATTER, IN A GRAY HYDROMORPHIC SOIL

Abstract

Three greenhouse experiments with beans (*Phaseolus vulgaris*) were carried out in a grey hydromorphic soil with manganese toxicity to explain previous observations on soybean improvement by the incorporation of weeds. The experiments included the following treatments: Increasing amounts of organic matter (rice straw mixed with fresh grass), clay and sucrose, manganese oxidizing bacteria, lime pelleting of the seeds and liming the soil.

All treatments with organic matter reduced the absorption of manganese by the plants and improved considerably their growth, nodulation and nitrogen fixation. Clay had a similar effect although less pronounced and manganese oxidizing organisms showed significant effects on dry weights of plants only. As expected, lime pelleting of the seeds and liming the soil also reduced manganese toxicity. The addition of sucrose increased manganese absorption, reducing drastically the bean growth.

It was concluded that the favorable effect of organic matter in manganese toxicity soil was due to the retention of manganese probably in the exchangeable form or complexed.

REFERÊNCIAS

- Döbereiner, J. & AlvaHYDO R. 1963. Toxidez de manganês em solos da série Ecologia. IX Congr. Bras. Ciência do Solo, Fortaleza.
- Döbereiner, J. 1965. Manganese toxicity effects on nodulation and nitrogen fixation of beans (*Phaseolus vulgaris* L.), in acid soils. Plant and Soil 22 (no prelo).
- Guazzelli, R. J. 1965. Comunicação pessoal.
- Kliwer, W. M. 1961. The effects and interactions of various combinations of molybdenum, aluminium, manganese, phosphorus, nitrogen, calcium, hydrogen ion concentration, lime and *Rhizobium* strain on growth, composition and nodulation of several legumes. Ph. D. thesis, Cornell Univ., 212 p.
- Myasaka, S. & Toshio, 1965. I. Efeito da matéria orgânica sobre a produção do feijoeiro e na assimilação de elementos nutritivos. II Congr. Latino Americano e X Congr. Bras. de Ciência do Solo, Piracicaba, São Paulo.
- Ruschel, A. P. & Döbereiner, J. 1965. Fixação simbiótica do N atmosférico em feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). IV. Influência do revestimento da semente inoculada em solo com toxidez de manganês. II Congr. Latino-Americano e X Congr. Bras. Ciência do Solo, Piracicaba, São Paulo.
- Schmehl, W. R., Peach, M. & Bradfield R. 1952. Influence of soil acidity on absorption of calcium by alfafa as revealed by radio calcium. Soil Sci. 73:11-21.
- Timonin, M. I. 1947. Microflora of the rhizosphere in relation to Mn deficiency in oats. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 11:284-289.