

EFEITO DO N COMBINADO, DO pH E DOS NÍVEIS
DE P, Ca, Al E Mn NA SOLUÇÃO NO CRESCIMENTO E FIXAÇÃO
DO N₂ PELO FEIJOEIRO (*Phaseolus vulgaris* L.) (*)

L.G. DA PAZ **
A.P. RUSCHEL ***
E. MALAVOLTA ****

RESUMO

Com a finalidade de verificar a hipótese de trabalho de que fatores adversos do solo podem diminuir a fixação do dinitrogênio, foi conduzida uma série de ensaios em solução nutritiva, com as variedades de feijoeiro Carioca, Rico 23 e Venezuela, nas quais se procuraram simular condições que ocorrem no campo.

* Recebido para publicação em 21/05/82.

Parte da tese de Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas apresentada pelo primeiro autor à E.S.A. "Luiz de Queiroz", USP, Piracicaba, com ajuda da CNEN, CNPq e FAPESP.

** Fac. Med. Veterinária, UFCE, Fortaleza, CE.

*** CENA, USP, Piracicaba.

**** Depto. de Química, E.S.A. "Luiz de Queiroz", e CENA/USP.

As principais conclusões foram as seguintes:

(1) o crescimento foi promovido pelo aumento no nível de N combinado; somente as doses de arranque (de 0,3 a 1,3 milimoles/l), entretanto, aumentaram a nodulação e a fixação simbiótica; (2) a maior produção de matéria seca foi observada em pH 6,0-7,0, podendo atribuir-se a redução no crescimento em pH 4,0 à baixa fixação do N_2 ; (3) um efeito favorável do nível de Ca foi verificado sobre os parâmetros estudados até o nível de 1,25 milimoles/l; (4) observou-se resposta linear às doses de P; (5) o excesso de Al (5-10 ppm) e de Mn (10-20 ppm) inibiu a nodulação, reduziu o crescimento e a fixação do dinitrogênio; (6) embora as tendências fossem as mesmas, houve diferenças no comportamento das variedades.

INTRODUÇÃO

Nas condições brasileiras a soja se mostra mais eficiente do que o feijoeiro com respeito à fixação simbiótica do nitrogênio. Estima-se que entre 40 e 50 por cento do N necessário para a cultura da soja sejam fixados biologicamente (FRANCO et al., 1978); no caso do feijoeiro os números devem estar entre 15 e 30 por cento. Isto explicaria, pelo menos em parte, a frequência muito maior das respostas do feijoeiro à adubação nitrogenada (MALAVOLTA, 1972).

O nível baixo e a variação observada na fixação do dinitrogênio pelo feijoeiro poderiam ser atribuídas à operação ineficiente do sistema simbiótico, a fatores limitantes do solo ou a ambas as coisas. É sabido que a nutrição mineral e a acidez do solo podem limitar a fixação através dos seus

efeitos no crescimento e na sobrevivência do *Rhizobium*, na infecção, na nodulação, no funcionamento dos nódulos. como também no crescimento do hospedeiro (ROBSON, 1978, p.277).

Nos experimentos adiante discutidos procurou-se em solução nutritiva reproduzir algumas das condições que ocorrem no campo, condições essas capazes de afetar a fixação do N_2 .

MATERIAL E MÉTODOS

Foram usadas três variedades comerciais, Carioca, Rico 23 e Venezuela. No experimento destinado a determinar o efeito do N combinado, este macronutriente (na forma de $NaNO_3$) foi fornecido nos níveis de 0; 4,2; 8,4; 16,8 e 42,0 ppm. Nos demais ensaios foi empregada sempre a dose mais baixa (4,2 ppm N- NO_3^-). O efeito do pH foi estudado ajustando a reação da solução nutritiva aos valores 4,0; 5,0; 6,0 e 7,0. Estudou-se a influência do Ca nos níveis de 0,4; 2,0; 10; 50 e 125 ppm; o P foi fornecido nas doses de 0,3; 1,5; 7,5; 37,5 e 75 ppm. Os efeitos do Al e do Mn foram determinados empregando-se, respectivamente, os níveis de 0, 5 e 10 ppm e 0, 10 e 20 ppm. As plantas eram colhidas em duas épocas, aos 25 e 45 dias depois da germinação. A atividade da nitrogenase (nase) dos nódulos foi determinada pela redução do acetileno e o teor de N total por semi micro Kjeldahl. A inoculação das sementes se fez usando-se linhagens locais de *Rhizobium*. Foram empregadas 4 repetições.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Efeitos do N combinado, do P e do Ca

Como demonstra a Tabela 1, tanto a nodulação quanto a atividade específica da Nase foram promovidas pelos níveis intermediários de N combinado; a variedade Ca-

rioca foi menos afetada pela concentração de $N-NO_3$. Ao que parece, *Phaseolus* é menos sensível que *Medicago* ao efeito prejudicial de nitrato no encurvamento dos pelos processo auxiliado pelo nível auxínico no tecido, e na infecção e formação subsequente dos nódulos (MUNNS, 1968).

Um aumento acentuado na nodulação é observado quando o P é fornecido na concentração mais alta, não havendo resposta às doses menores. A atividade da Nase, entretanto, foi maior quando as plantas receberam as doses intermediárias do fósforo. Como o conteúdo de N aumentou com o fornecimento de P, o decréscimo na atividade específica pode ser compensado pelo aumento na nodulação. Como demonstraram GATES & MULLER (1979) a nodulação é extremamente dependente do balanço entre N, P e S no meio.

A Figura 1 mostra os efeitos do N combinado e dos níveis de P em três parâmetros: chama a atenção particularmente o fato de que existe um paralelismo entre nodulação e atividade específica da Nase em resposta ao aumento na concentração de $N-NO_3$ na solução; os níveis mais altos de $N-NO_3$ fizeram cair nodulação e atividade enzimática, enquanto o intermediário fez com que crescessem. Na literatura disponível não foram encontrados dados a respeito desse aspecto.

O incremento na dose de Ca afetou a atividade enzimática mais do que a nodulação o que dá apoio aos dados de KEYSER & MUNNS (1979) mostrando que *Rhizobium* tem baixa exigência em cálcio. Não deve, porém, ser descartada a possibilidade de se observar efeito na presença de doses mais altas do elemento (DOBEREINER & ARRUDA, 1967).

Efeito do pH

Conforme se vê na Tabela 2, há efeito varietal considerável na resposta da nodulação. A atividade na Nase, porém, mostrou o mesmo padrão de variação nas 3 variedades. Em outras palavras: o pH ótimo para a nodulação não coincide necessariamente com o melhor para a atividade específica do enzima. Esta observação sugere que nos en-

Tabela 1 - Efeitos dos níveis de N combinado, de P e Ca na solução no crescimento, na nodulação e fixação do N₂ (*).

Nível	Variedade	Matéria seca total (g)			Nódulos (mg)			Nitrogenase			mg N/planta			
		N	P	Ca	N	P	Ca	N	P	Ca	N	P	Ca	
1	Venezuela	350	0,50	0,75	0,54	55	13	2	15	7	19	6,0	20,0	21,2
	Carioca		0,68	0,53	0,82	106	13	4	13	12	11	8,0	15,9	35,8
	Rico 23		0,48	0,64	0,66	56	17	1	9	17	26	6,4	15,6	17,0
2	Venezuela	350	1,15	0,83	0,70	102	15	3	21	41	69	19,4	23,2	23,9
	Carioca		1,18	0,60	0,83	124	15	3	23	29	27	18,4	15,8	34,4
	Rico 23		1,16	0,70	0,70	99	16	3	23	55	57	16,7	23,8	26,1
3	Venezuela	350	1,84	0,70	0,75	132	24	4	30	48	68	31,3	20,3	25,0
	Carioca		1,49	0,56	0,82	120	23	6	14	20	55	26,7	13,5	34,7
	Rico 23		1,47	0,57	0,75	55	20	6	4	53	47	29,1	18,0	31,1
4	Venezuela	350	2,46	0,70	0,70	40	15	9	3	24	41	44,5	17,9	22,2
	Carioca		2,32	0,60	0,98	124	21	6	4	68	29	42,9	15,9	42,0
	Rico 23		2,45	0,68	0,73	75	17	9	9	41	27	50,0	17,8	26,0
5	Venezuela	350	4,36	1,56	0,71	13	73	5	2	20	29	97,9	36,3	27,1
	Carioca		3,95	1,37	0,77	19	84	5	4	9	18	95,3	33,1	26,8
	Rico 23		3,76	1,52	0,77	12	41	6	1	8	23	86,8	35,1	29,2

(*) Os dados se referem à amostragem de 45 dias no caso do N e de 25 dias nos demais; os níveis correspondem às concentrações crescentes; a atividade da Nase é dada em μ moles de acetileno reduzido/g de mat. seca de nódulos.

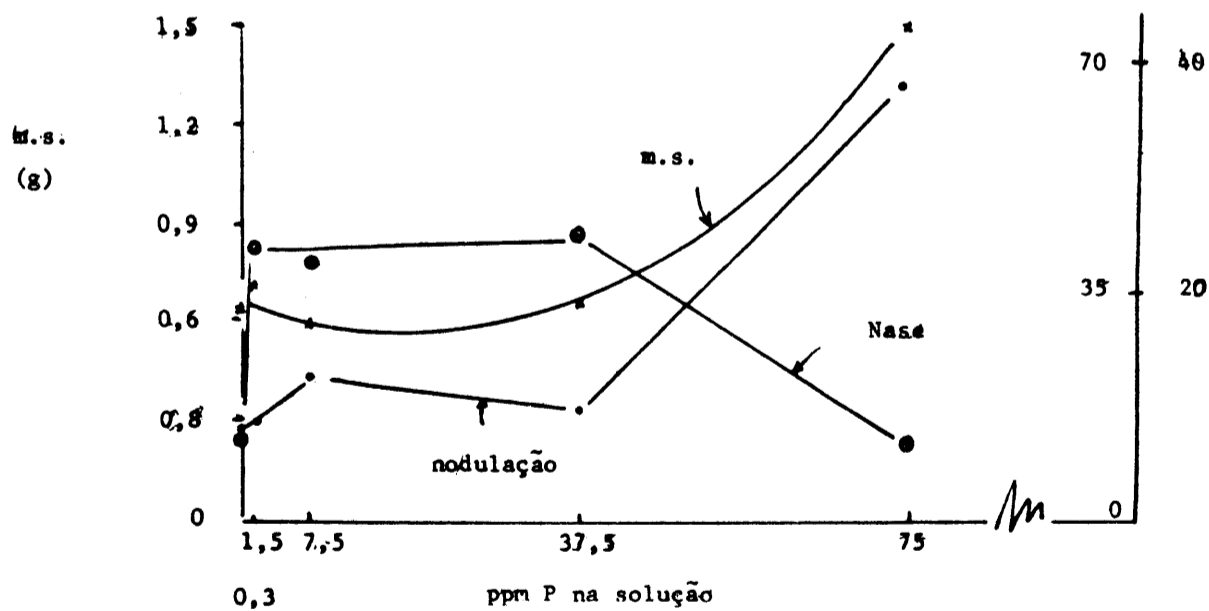
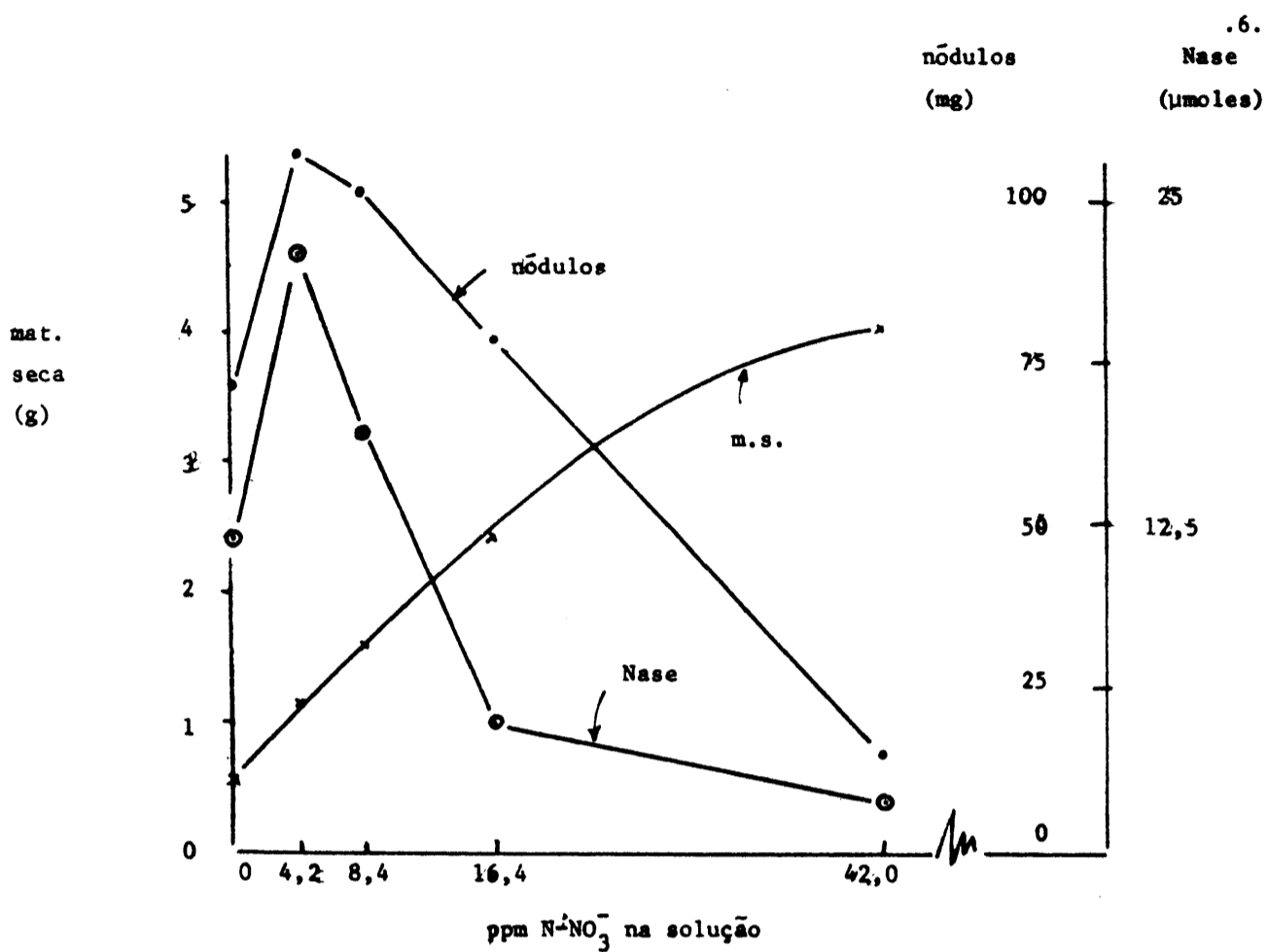


Figura 1 - Efeitos do N combinado e do P no crescimento, nodulação e atividade nitrogênase, média de 3 variedades.

Tabela 2 - Efeito do pH da solução nutritiva no crescimento, nodulação e fixação do N₂ (*).

pH	Variedades	Matéria seca			Nitrogenase	mg N/planta
		Total (g)	Nódulos (mg)			
4,0	Venezuela 350	2,5	62	21	71,1	
	Carioca	2,4	68	5	58,1	
	Rico 23	2,5	65	9	61,0	
5,0	Venezuela 350	2,8	62	25	58,3	
	Carioca	2,4	63	25	67,3	
	Rico 23	3,2	117	86	84,2	
6,0	Venezuela 350	3,1	89	42	60,4	
	Carioca	1,8	81	68	48,5	
	Rico 23	2,7	116	128	74,0	
7,0	Venezuela 350	3,6	74	21	71,2	
	Carioca	2,7	78	34	62,8	
	Rico 23	2,9	116	44	65,2	

(*) amostragem aos 45 dias

saios sobre tolerância de *Rhizobium* à acidez deve-se empregar mais de uma variedade da leguminosa, um aspecto que não tem sido enfatizado na literatura.

A Figura 2 mostra os efeitos médios dos níveis de Ca e do pH no crescimento, nodulação e atividade da Nase.

Na literatura consultada não foram encontrados trabalhos relacionando pH e nível de Ca no substrato com atividade específica da Nase.

Efeitos do Al e do Mn

Na série Al as plantas amostradas aos 25 dias apresentavam nódulos ativos. Aos 45 dias, entretanto, como se vê na Tabela 3, os nódulos não mostravam atividade enzimática. O Mn fornecido inibiu completamente a nodulação. O efeito adverso do Al sobre a nodulação poderia ser atribuído à sua conhecida influência desfavorável na absorção e metabolismo do P como também na inibição que provoca na absorção do K, Ca e Mg (HELYAR, 1978; MALAVOLTA et al., 1978). KEYSER & MUNNS (1979) mostraram que, quando fornecido em níveis altos, o Mn pode ser muito tóxico ao *Rhizobium*. A influência desse micronutriente na simbiose é obviamente o resultado dos efeitos combinados sobre o crescimento e a atividade de *rhizobia* e sobre o crescimento e metabolismo do hospedeiro. É sabido que o Mn interfere negativamente na absorção do Fe e na atividade de enzimas transferidoras de P as quais, na presença de altos níveis daquele, podem escapar à regulação metabólica.

A Figura 3 mostra os efeitos do Al e do Mn na média das três variedades.

CONCLUSÕES

A baixa eficiência da fixação simbiótica do dinitrogênio no feijoeiro em condições de campo pode ser ex-

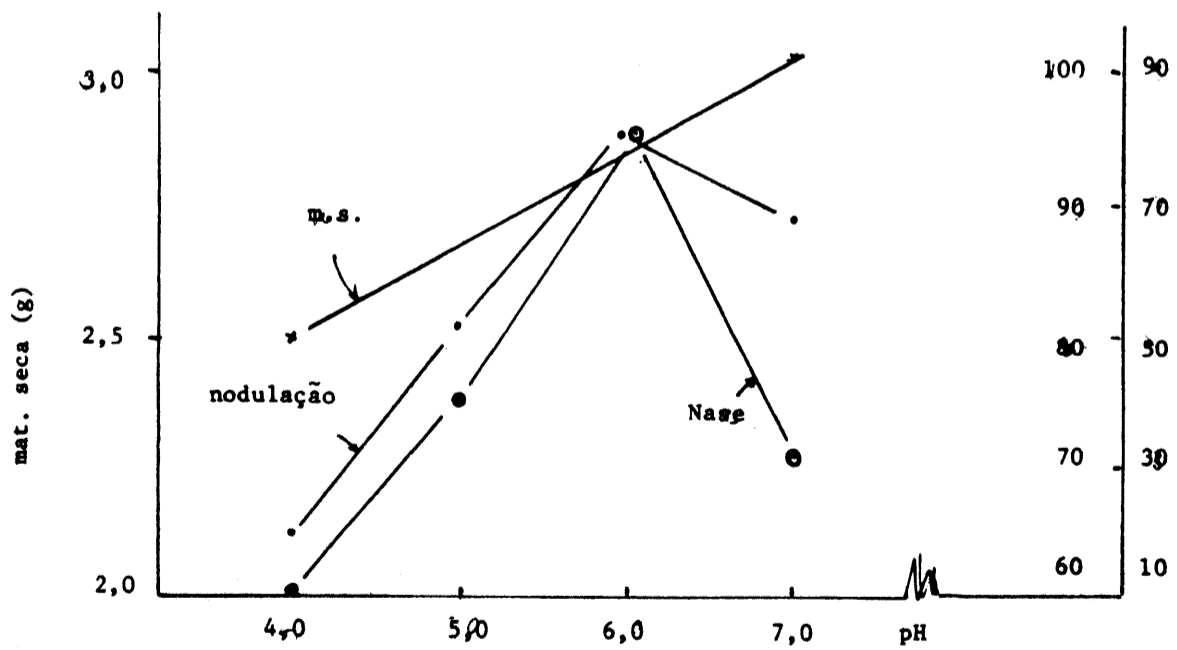
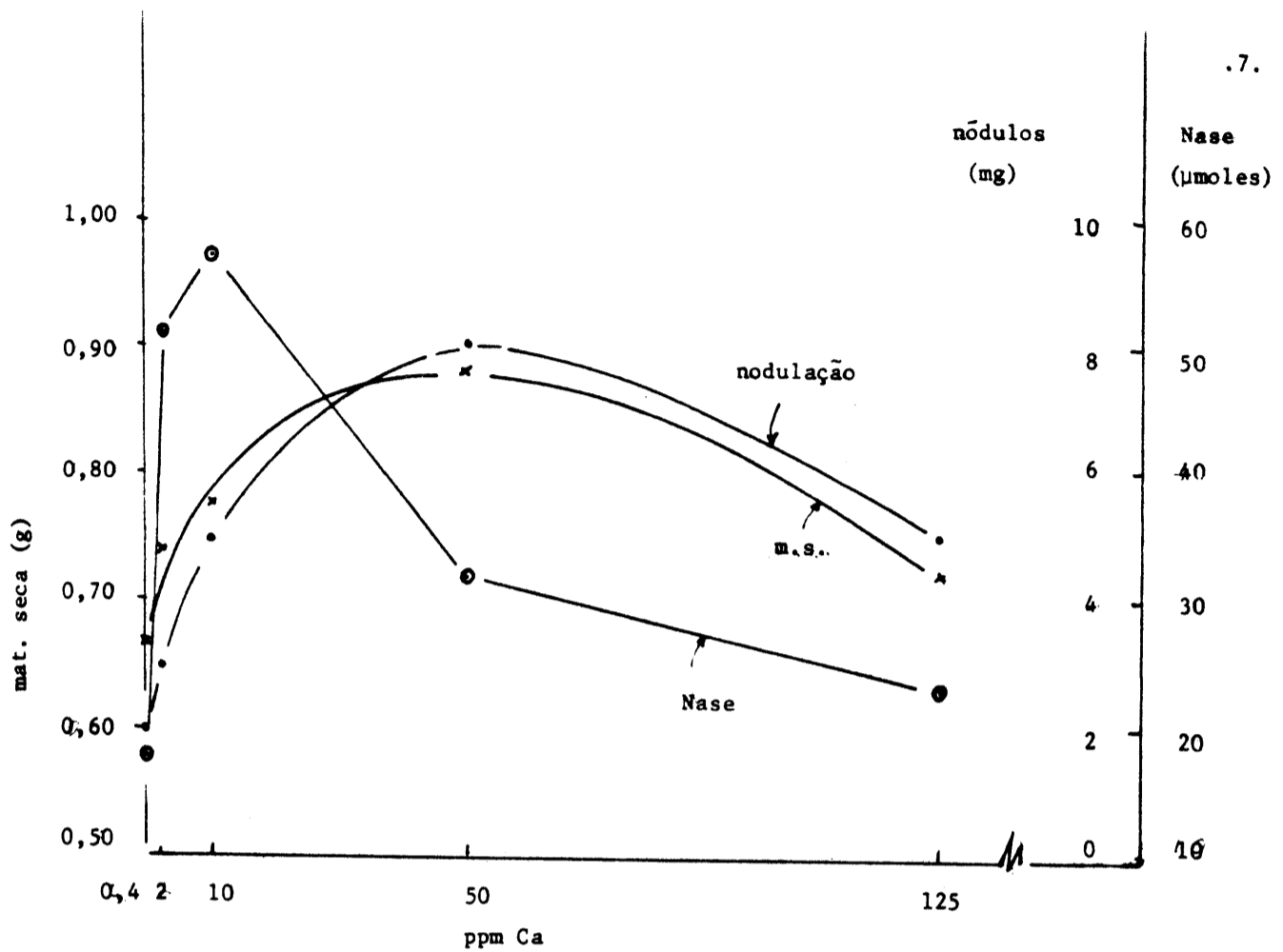


Figura 2 - Efeitos dos níveis de Ca e do pH.

Tabela 3 - Efeitos do Al e do Mn na solução nutritiva no crescimento, nodulação e fixação do N₂ (*).

Nível	Variedade	Matéria seca		Nódulos (mg)		Nitrogenase	
		Al	Total (g)	Al	Mn	Al	Mn
0	Venezuela 350	-	2,0	-	120	-	8
	Carioca	-	1,3	-	89	-	6
	Rico 23	-	1,5	-	91	-	6
1	Venezuela 350	1,4	0,5	28	0	0	0
	Carioca	1,0	0,4	60	0	0	0
	Rico 23	1,1	0,6	65	0	0	0
2	Venezuela 350	0,8	0,2	14	0	0	0
	Carioca	0,8	0,2	25	0	0	0
	Rico 23	0,7	0,3	8	0	0	0

(*) amostragem aos 45 dias.

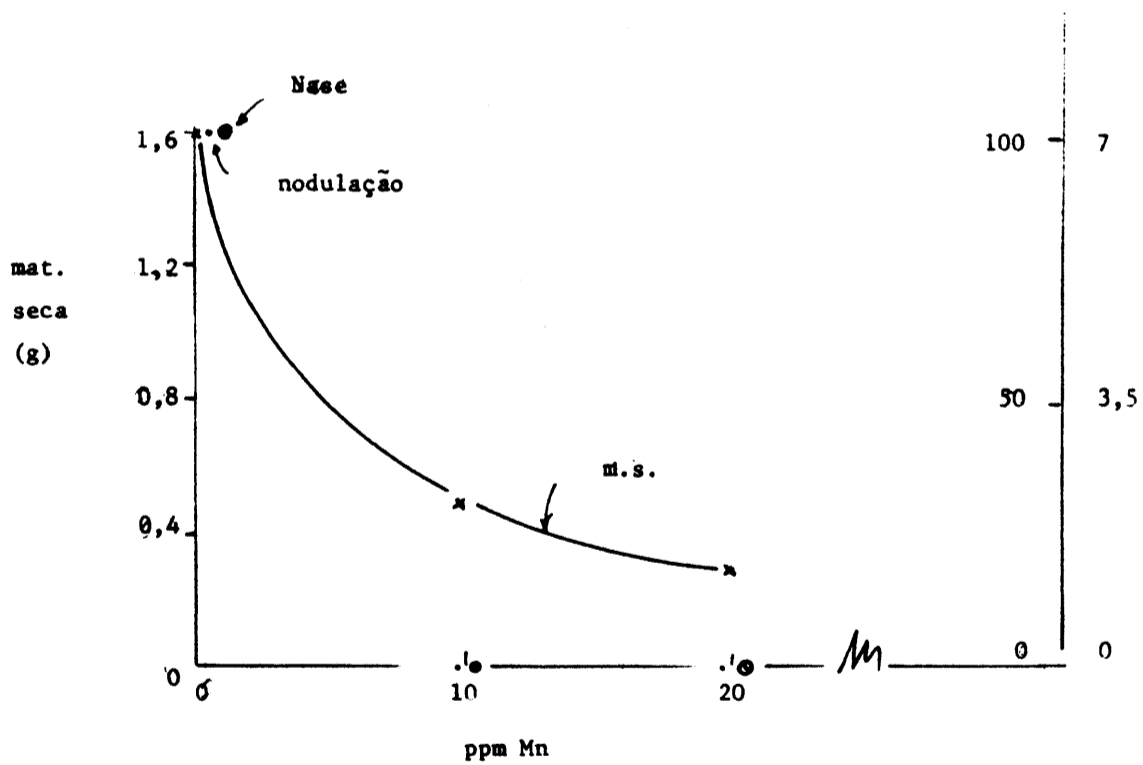
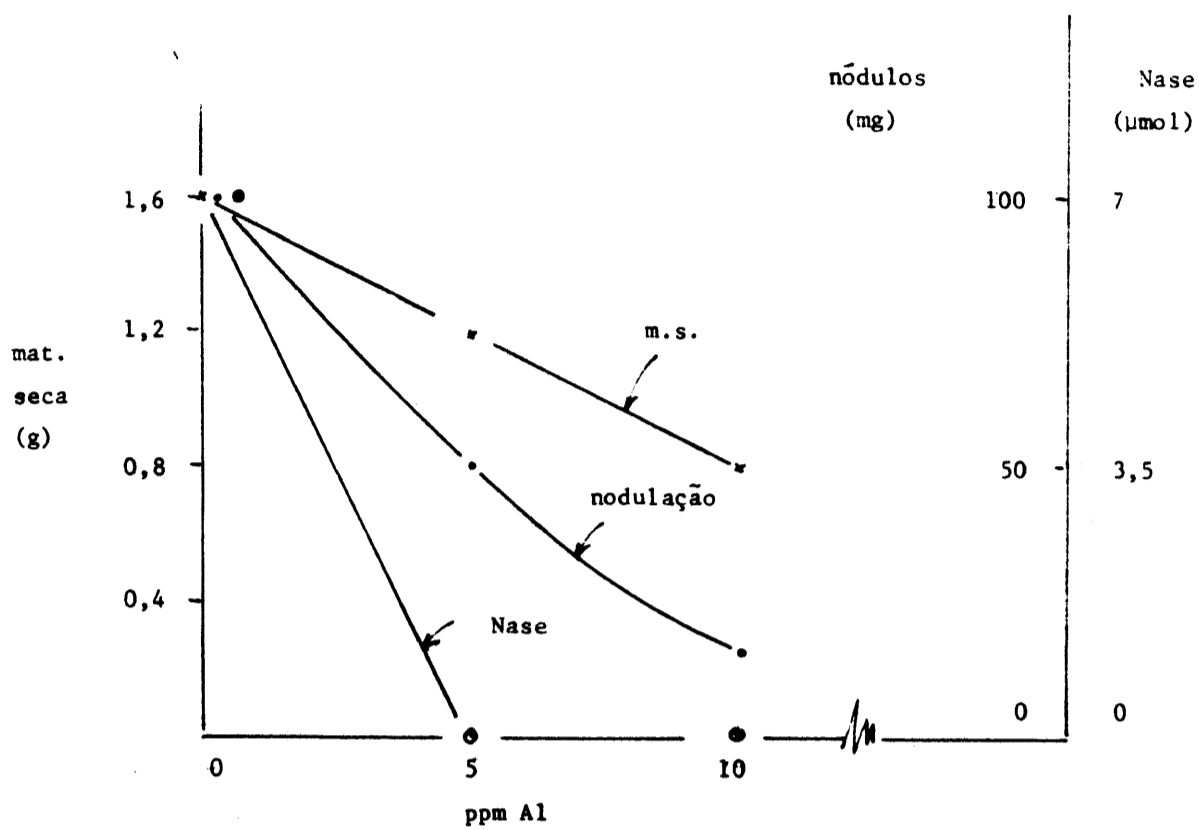


Figura 3 - Efeitos Al e do Mn (ver texto)

plicada em parte por limitações na nutrição mineral do *Rhizobium* e do hospedeiro, a saber: (1) falta de N mineral para o arranque na nodulação e na fixação propriamente dita. (2) baixos níveis de P e Ca disponíveis; (3) alta acidez acompanhada por altos níveis de Al e Mn.

OBSERVAÇÃO

Uma versão resumida deste trabalho foi apresentada no 9º Colóquio Internacional de Nutrição de Plantas, Coventry, Inglaterra, agosto de 1982.

SUMMARY

EFFECTS OF COMBINED N, pH AND OF LEVELS OF P Ca, Al AND Mn IN THE NUTRIENT SOLUTION ON GROWTH AND DINITROGEN FIXATION IN BEANS (*Phaseolus vulgaris* L.).

A series of solution culture experiments designed to simulate some field conditions were carried out with varieties (Carioca, Rico 23 and Venezuela) in order to check the hypothesis that adverse soil factors might affect N fixation.

The main conclusions were the following: (1) growth was promoted by increasing the level of combined N; only the starter rates (from 0.3 to 1.3 mM/l), however, promoted nodulation and dinitrogen fixation; (2) higher dry matter production was observed at pH 6.0 to 7.0, whereas poor growth at pH 4.0 could be traced to low N₂ fixation; (3) a favourable effect of Ca supply on the parameters under study was observed up to the level of 1.25 mM/l; (4) a linear response to P supply was verified; (5) excess Al and Mn (5-10 ppm; 10-20 ppm; respectively) caused inhibition on nodulation, reduction on root growth and N₂ fixation; (6) although the trends were the same, varietal differences were found.

LITERATURA CITADA

- DOBBEREINER, J.; ARRUDA, N.B., 1967. Interrelação entre variedades e nutrição na nodulação e simbiose da soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* **2**: 475-487.
- FRANCO, A.A.; FONSECA, O.O.M.; MARRIEL, I.E., 1978. Efeito do nitrogênio mineral na atividade da nitrogenase e nitrato redutase durante o ciclo da soja no campo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* **2**: 110-114.
- GATES, C.T.; MULLER, W.J., 1979. Nodule and plant development in soybean, *Glycine max* (L.) Merr.; growth response to nitrogen, phosphorus and sulfur. *Australian Journal of Botany* **27**: 203-215.
- HELYAR, K.R., 1978. Effects of aluminum and manganese toxicities on legume growth. In: Andrew, C.S.; Kamprath, E.J. (Eds.) *Mineral Nutrition of Legumes*. Melbourne; CSIRO, (Proceedings of a Workshop), 207-232.
- KEYSER, H.H.; MUNNS, D.N., 1979. Tolerance of Rhizobia to acidity, aluminum, and phosphate. *Soil Science Society of America* **43**: 519-523.
- MALAVOLTA, E., 1972. Nutrição e adubação. *Anais I Simpósio Brasileiro de Feijão* **2**: 211-242.
- MALAVOLTA, E.; NOGUEIRA, F.D.; OLIVEIRA, I.P.; KAKAYAMA, L.; EIMORI, I., 1981. Aluminum tolerance in sorghum and bean. Methods and results. *Journal of Plant Nutrition* **3**: 687-694.
- MUNNS, D.D., 1968. Nodulation of *Medicago sativa* in solution culture. III. Effects of nitrate on root hairs and infection. *Plant and Soil* **29**: 33-47.
- ROBSON, A.D., 1978. Mineral nutrients limiting nitrogen fixation in legumes. In: Andrew, C.S.; Kamprath, E. J. (Eds.). *Mineral nutrition of legumes*, Melbourne; CSIRO, (Proceedings of a Workshop), 277-294.

