

**INFLUÊNCIA DE FUNGOS ENDOMICORRÍZICOS
VESÍCULO-ARBUSCULARES NA ABSORÇÃO DE FÓSFORO
E NO RENDIMENTO DE MATÉRIA SECA
DE PLANTAS DE SORGO⁽¹⁾**

J. C. C. de MIRANDA⁽²⁾; D. M. G. de SOUSA⁽²⁾ & L. N. de MIRANDA⁽²⁾

RESUMO

Em experimento em vasos com solo Latossolo Vermelho-Escuro natural e esterilizado, com diferentes doses de P, cultivaram-se plantas de sorgo não inoculadas e inoculadas com fungos endomicorrízicos por um período de trinta dias. Em todos os tratamentos determinaram-se rendimento de matéria seca, absorção de P, número de esporos e grau de infecção das raízes e, em alguns deles, a área média e o peso das raízes. O comportamento da associação planta-fungos endomicorrízicos foi semelhante nos solos natural e esterilizado, devido à presença de baixa população de fungos endomicorrízicos nativos no solo natural. Os incrementos no rendimento de matéria seca e na absorção de P de plantas infectadas, comparadas às não infectadas, ocorreram somente em baixa dose de P aplicado ao solo, ou seja, para um teor de P extraível em torno de 3,0 ppm. Nessa dose as plantas inoculadas apresentaram uma relação de P absorvido por unidade de área de raiz bem superior à das plantas não inoculadas. Houve também comportamento semelhante em relação ao potássio. Foi igualmente observado um decréscimo na associação planta-fungo endomicorrízico com o aumento da dose de P aplicada ao solo.

SUMMARY: THE INFLUENCE OF VESICULAR-ARBUSCULAR ENDOMYCORRHIZAL FUNGI ON P UPTAKE AND DRY MATTER PRODUCTION OF SORGHUM

In a pot experiment with sterile and unsterile Dark Red Latosol and different P levels, plants of Sorghum were cultivated for thirty days, with and without inoculation with endomycorrhizal fungi. Dry matter production, P absorption, number of spores and percentage of root infection were measured for all treatments. In some treatments, the root surface area and root weight were also estimated. The behaviour of the inoculated plants was very similar for both, sterile and unsterile soils, because of the very low native population of endomycorrhizal fungi in the unsterile soil. The increase on P uptake and dry matter production for mycorrhizal plants compared with non-mycorrhizal plants occurred only for the low rates of P applied to the soil, i.e., for an extractable P of 3 ppm. In this soil P concentration, the mycorrhizal plants showed an absorbed P/root surface unit ratio higher than non mycorrhizal plants. A similar trend also occurred for potassium. It was also observed a decrease in the number of spores and in the percentage of root infection with the increase of rates of P applied to the soil.

(1) Trabalho apresentado no XVIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, realizado em Salvador (BA), de 30/08 a 05/09, 1981. Recebido para publicação em setembro de 1983 e aprovado em fevereiro de 1984.

(2) Pesquisador da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária — Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados, Caixa Postal 70.0023 — CEP 73.300 — Planaltina (DF).

INTRODUÇÃO

A eficiência de nutrientes oriundos de adubos adicionados ao solo vem sendo pesquisada nos últimos anos. A maior ênfase é dada ao manejo e às reações químicas desses adubos no solo. Entretanto, a grande maioria das plantas, inclusive as de maior interesse econômico, desenvolvem em suas raízes associações simbóticas com algumas espécies de fungos, que aumentam a eficiência de absorção dos nutrientes, principalmente do fósforo (Abbott & Robson, 1978; Hayman, 1978, Menge et alii, 1978 e Mosse, 1973a). Isso irá possibilitar, provavelmente, a aplicação de menores doses de adubos, sem prejuízo de produtividade.

O incremento da absorção de fósforo pelas raízes associadas ao fungo é atribuído ao aumento da superfície de absorção e, consequentemente, do volume de solo explorado (Hayman & Mosse, 1972). Contudo, o sistema com micorriza não depende exclusivamente de uma exploração física, mas, principalmente, da presença e da expansão de sítios de absorção de maior afinidade (baixo Km) por fósforo nas raízes micorrízicas (Cress et alii, 1979).

A dependência endomicorrízica de determinada planta pode variar com o tipo de solo (Mosse, 1973b), com a estação do ano (Hayman, 1970), com as espécies de fungos endomicorrízicos (Abbott & Robson, 1978, e Mosse, 1972) e com a disponibilidade de fósforo no solo (Yost & Fox, 1979). Observa-se um decréscimo do número de esporos e do grau de infecção das raízes com o aumento do teor de fósforo e/ou com a redução da umidade do solo (Menge et alii, 1978, e Pairunan et alii, 1980).

Neste trabalho foi avaliada a eficiência da associação endomicorrízica na absorção de nutrientes, principalmente de fósforo, e na produção de matéria seca de plantas de sorgo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação no Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC), utilizando-se vasos contendo 3kg de um solo classificado como Latossolo Vermelho-Escuro (LE), textura argilosa, fase cerradão (Brasil, 1968), coletado na camada de 0-20cm, com as seguintes características químicas: pH em água (1:1) 4,5; 1,87 meq de $\text{Al}^{3+}/100\text{ml}$ e 0,6 meq de $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}/100\text{ml}$ extraídos com KCl 1 N; 1 ppm de P e 34 ppm de K extraídos com HCl 0,015 N + H_2SO_4 0,05 N.

Parte desse solo foi esterilizado por autoclavagem, por duas vezes, com um intervalo de vinte e quatro horas, a 121°C e 1,5 atmosfera. Após serem secos ao ar e passados em peneira de 2mm, os solos (o natural e o esterilizado) foram incubados com 6,8t de calcário/hecatare ($\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$, na relação molar 2:1), com teor de água correspondente a 80% da umidade gravimétrica, à tensão de 0,1 atm (29%), por um período de quinze dias. Após a calagem, o pH em água (1:1) passou para 6,0 e o teor de $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ para 5,7mg/100ml. Nos dois solos, foram estabelecidos os tratamentos de cinco doses de fósforo, com e sem inoculação do fungo endomicorrízico *Glomus macrocarpus* (Gerdemann & Trappe, 1974).

Foi feita uma adubação básica por quilograma de solo de: 150mg de K (K_2SO_4); 2mg de Zn ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$); 0,5mg de B ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) e 0,1mg de Mo [$(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_24 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$]. Após a homogeneização do solo, foi aplicado o fósforo [$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$] nas doses de 0, 25, 50, 100 e 200mg de P/quilograma de solo, fazendo-se então nova homogeneização. Todos os nutrientes foram aplicados na forma de solução. Os solos foram transferidos para vasos de 3 litros e cultivados com três plantas pré-germinadas de sorgo var. BR 300 (*Sorghum bicolor* L. Moench). A adubação nitrogenada foi parcelada em três aplicações de 20mg de N/quilograma de solo (NH_4NO_3): a primeira foi feita com a adubação básica e as demais, aos dezesseis e vinte e seis dias após o plantio. Esse procedimento teve como objetivo não ultrapassar 20mg de N/quilograma de solo por aplicação, pois altos teores de N mineral no solo podem inibir o desenvolvimento do fungo (Hayman, 1970).

As sementes de sorgo foram previamente esterilizadas com álcool etílico 90% (durante dois minutos) e cloreto de mercúrio 0,1% (durante três minutos) e germinadas em papel-filtro embebido em água destilada. Aos sete dias após a germinação, as plantas foram transferidas para os vasos. Nos tratamentos com inoculação, cada planta recebeu cem esporos do fungo *Glomus macrocarpus*, colocados rente à raiz, na região de formação das raízes laterais. Após o plantio, o teor de água do solo foi mantido à tensão de 0,1atm, através de pesagens diárias.

Utilizou-se o delineamento de blocos completos casualizados em esquema fatorial, para cada solo (natural e esterilizado), com três repetições.

Depois de trinta dias de cultivo, as plantas foram cortadas rente ao solo, secas a 60°C por 72 horas, pesadas e moidas. A análise química do tecido de parte aérea do sorgo foi feita por digestão via úmida (H_2SO_4 e H_2O_2 concentrados); as determinações de Ca, Mg e Zn, por espectrofotometria de absorção atômica; a de K, por fotometria de chama; e a de P, pelo método de Murphy & Riley (1962). O N foi determinado pelo processo micro Kjeldahl, descrito por Tedesco (1978).

Após o corte das plantas, foram feitas amostragens de porgões de solo com raízes em todos os tratamentos, para a determinação do número de esporos de fungos endomicorrízicos no solo e do grau de infecção das raízes. A recuperação dos esporos foi feita através da técnica de peneiração úmida e decantação (Gerdemann & Nicolson, 1963) de 50g de solo de cada amostra. O grau de infecção das raízes foi determinado segundo o método de Phillips & Hayman (1970).

Foram tomadas também amostras de solo para determinação de P extraível pelo método de Mehlich 1. Nos tratamentos de 0, 25 e 50mg de P/quilograma de solo, as raízes foram separadas manualmente do solo. Foram estimados o comprimento do sistema radicular pelo método descrito por Marsh (1971), a área média da superfície das raízes (Claassen & Barber, 1976 e Souza, 1980) e o peso seco das raízes, a 60°C por 72 horas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No solo esterilizado, objetivou-se avaliar o comportamento da espécie de fungo endomicorrízico inoculado, sem a influência dos fungos nativos. Uma limitação desse tratamento foi a não adição de filtrados do solo natural para restabelecer a população dos outros microorganismos do solo, exceto os fungos nativos. Quanto ao método de esterilização, a autoclavagem é de grande eficiência na redução da população de microorganismos, embora ocasione alterações em algumas propriedades químicas do solo (Lopes & Wollum, 1976).

Evidenciaram-se reduções nos teores de nitrogênio inorgânico, cobre e zinco, e aumentos nos teores de manganês e ferro (Quadro 1). Outra característica alterada foi a quantidade de P retida na fase sólida (QRP), que mantém 0,2ppm de P na solução do solo, ocorrendo uma redução desse parâmetro no solo esterilizado. Entretanto, essas alterações não limitaram a interpretação dos dados obtidos com o sorgo no solo esterilizado.

Houve um acréscimo significativo de rendimento de matéria seca e de absorção de P, em função do aumento da adubação fosfatada no solo natural e no esterilizado. O efeito da inoculação com o fungo endomicorrízico só se manifestou na dose de 25mg de P/quilograma de solo, resultando em aumento da parte aérea e do P absorvido (Figura 1). Para o solo natural, o rendimento obtido com essa dose, em plantas inocula-

O teor de P no solo determinado pelo método de Mehlich 1, após a colheita do sorgo (Quadro 2), foi praticamente o mesmo para os tratamentos inoculados e não inoculados. Com um teor de 3ppm de P, portanto, as plantas inoculadas absorveram mais fósforo e produziram mais matéria seca que as não inoculadas. Esse comportamento foi semelhante para os solos natural e esterilizado, provavelmente devido à baixa ocorrência de esporos de fungos nativos. Com teores de P extraível acima de 3ppm, foi observado um pequeno incremento do P absorvido pelas plantas inoculadas, embora não tenha ocorrido nenhum acréscimo no rendimento de matéria seca.

A eficiência da associação endomicorrízica na absorção de P, estudada por diversos autores, pode variar com a planta, com o solo e com a espécie de fungo utilizada. Englobando esses três aspectos e relacionando-os com a adubação fosfatada, observam-se incrementos de rendimento de matéria seca e de P absorvido por plantas inoculadas, em solos com doses que variam de 50 a 370mg de P/quilograma de solo (Abbott & Robson, 1978; Mosse, 1973b; Pairunan et alii, 1980, e Yost & Fox, 1979).

Observou-se um decréscimo do número de esporos e da infecção das raízes das plantas micorrizicas nos níveis mais altos de adubação fosfatada (Quadro 2), também verificado por Menge et alii (1978) e Mosse (1973b). A população dos fungos endomicorrízicos tende a reduzir-se quando se aplicam doses superiores a 246mg de P/quilograma de solo, embora lgum inóculo tenha sobrevivido a doses de até 1.476mg de P/quilograma de solo (Mosse, 1973b).

O mecanismo que atua na relação entre a infecção de raízes pelos fungos endomicorrízicos e as doses de fósforo aplicadas ao solo não é bem conhecido, mas já se preconiza que esteja relacionado ao nível interno de P na planta (Menge et alii, 1978). Considerando todos os aspectos já mencionados, torna-se difícil estabelecer uma faixa ideal de adubação fosfatada para todas as culturas, em que se obteriam os benefícios máximos da associação com fungos endomicorrízicos.

Na discussão a seguir, não foram consideradas as doses de 100 e 200mg de P/quilograma

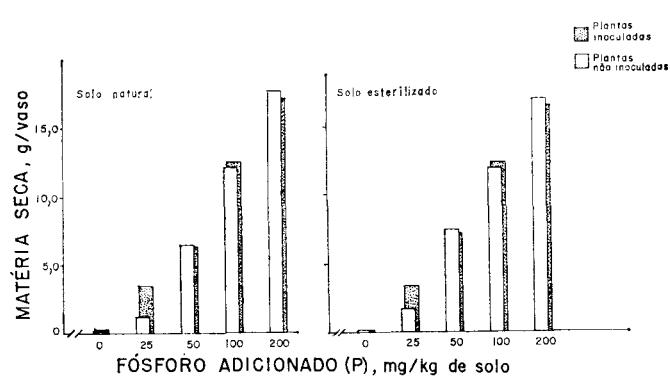


Figura 1. Matéria seca de sorgo (var. BR 300) cultivado por trinta dias em casa de vegetação, em função de doses de fósforo, em Latossolo Vermelho-Escuro natural e esterilizado, com e sem inoculação de fungos endomicorrízicos.

das, foi equivalente ao que seria obtido com a dose de 39mg de P/quilograma de solo, em plantas não inoculadas. Isso representa um incremento potencial de 56% na eficiência do P aplicado. Para o solo esterilizado, esse incremento foi 48%. As determinações foram feitas também para o P absorvido, obtendo-se incrementos de 80% no solo natural e 68% no esterilizado.

Quadro 1. Efeito da esterilização em autoclave nas características químicas do Latossolo Vermelho-Escuro, determinadas após a incubação com calcário. Dados médios em três repetições

Solo	Extraíveis — KCl			Extraíveis — Mehlich 1			
	NH ⁴⁺	NO ³⁻	Mn ²⁺	Fe	Cu	Zn	QRP ⁽¹⁾
ppm							
Natural	52	9	0,6	20	0,3	1,1	240
Esterilizado	40	4	1,3	30	0,1	0,3	180

(1) QRP: Quantidade de fósforo retido pelos solos, que mantém 0,2 ppm de P na solução.

de solo, pois a associação fungo-planta nesses tratamentos foi muito baixa (Quadro 2) e o objetivo deste trabalho é avaliar alterações propiciadas por essa associação.

Os dados do quadro 3 mostram que houve aumento significativo no rendimento da matéria seca e de P absorvido pelas plantas, devido à inoculação no solo natural e esterilizado. A interação entre doses de P e inoculação foi também significativa e pode ser explicada, em parte, ou pela melhor eficiência de absorção de P e transformação em rendimento de matéria seca das

plantas inoculadas, na dose de 25mg de P/quilograma de solo, ou pela ausência de diferenças significativas entre as doses de 25 e 50mg de P/quilograma de solo quando as plantas foram inoculadas com fungos endomicorrízicos.

A relação entre matéria seca e P absorvido foi maior nas plantas inoculadas do que nas não inoculadas. Essa diferença já foi observada por outros autores (Mosse, 1973b, e Pairunan et alii, 1980), que sugerem a ocorrência de uma absorção de luxo de P em plantas inoculadas. Outros fatores podem ter contribuído para essa desproporção,

Quadro 2. Teores de fósforo no solo e de P absorvido nas plantas, número de esporos e grau de infecção das raízes de sorgo inoculadas (I) e não inoculadas (NI), após trinta dias de cultivo em casa de vegetação, em solo LE

Doses de fósforo (P)	P no solo ⁽¹⁾		P absorvido		Nº esporos/100g de solo		Infecção de raízes	
	I	NI	I	NI	I	NI	I	NI
mg/kg de solo	ppm		mg/vaso				%	
					Solo natural			
0	1,6	1,3	0,1	0,1	14	0	4	0
25	2,7	2,9	8,1	1,6	574	0	75	0
50	4,2	4,2	15,5	11,3	396	0	80	1
100	8,4	8,5	26,2	23,9	102	0	28	5
200	17,4	16,2	49,3	46,4	0	0	21	0
					Solo esterilizado			
0	1,3	1,7	0,1	0,1	18	0	6	0
25	2,8	3,1	9,1	2,5	100	0	68	0
50	4,5	5,1	17,3	15,0	402	0	43	0
100	9,7	9,4	30,0	28,4	472	0	15	0
200	22,6	23,6	54,9	64,6	22	0	10	0

(1) Fósforo extraível pelo método de Mehlich.

Quadro 3. Rendimento de matéria seca e teores de nutrientes no tecido da parte aérea de sorgo, cultivado por trinta dias em casa de vegetação, em solo LE natural e esterilizado, com diferentes doses de fósforo, inoculado (I) e não inoculado (NI) com fungo endomicorrízico

Doses de fósforo (P)	Matéria seca		P		K		Ca		Mg		N		Zn	
	I	NI	I	NI	I	NI	I	NI	I	NI	I	NI	I	NI
mg/kg de solo	g/vaso						%						ppm	
					Solo natural									
0	0,13	0,07	0,08	0,06	1,47	1,28	0,42	0,36	0,34	0,30	...	...	...	...
25	3,47	1,22	0,25	0,13	4,80	3,15	0,44	0,47	0,34	0,32	4,21	4,11	35	35
50	6,32	6,45	0,25	0,18	5,03	4,33	0,44	0,50	0,40	0,34	4,19	3,94	33	41
d.m.s. (5%) interação	3,03*		0,12*		1,57*		...		...		...		...
					Solo esterilizado									
0	0,10	0,10	0,09	0,07	1,54	1,35	0,38	0,40	0,30	0,31	...	...	...	...
25	3,40	1,72	0,27	0,15	5,09	3,21	0,33	0,45	0,30	0,30	4,51	4,78	36	52
50	7,18	7,49	0,24	0,20	4,88	4,49	0,39	0,43	0,37	0,31	3,68	3,51	39	35
d.m.s. (5%) interação	5,49ns		0,14*		1,70*		...		...		...		...

*: Significativo a 5%; ns: não significativo.

como o consumo de carboidratos pelos fungos associados às plantas ou o período curto (trinta dias) em que as plantas foram cultivadas.

Entre os outros nutrientes, as concentrações de N e Mg na planta não foram alteradas em função da inoculação (Quadro 3). O teor de Ca diminuiu nos tratamentos inoculados. A eficiência da associação endomicorrízica na absorção de Zn tem sido observada quando o teor de Zn na planta é igual ou inferior a 32ppm (Pairunam et alii, 1980). Como se observa no quadro 3, os teores de Zn estão acima desse valor.

Os teores de fósforo e potássio no tecido das plantas inoculadas foram significativamente maiores que os das não inoculadas, independentemente da dose de fósforo aplicada ao solo (Quadro 3).

Apesar de se constatar um maior efeito no teor de P absorvido, a variação do teor de K sugere um efeito da associação endomicorrízica semelhante para esse nutriente. Na literatura não foi encontrada uma indicação bem definida sobre uma maior eficiência de absorção de potássio por plantas inoculadas. Powell (1975) observou um acréscimo na absorção total de K, mas não na sua concentração no tecido, embora estivesse trabalhando com um solo deficiente em potássio e com uma dose muito baixa desse nutriente (33ppm de K) para experimento em vasos.

Na dose de 25mg de P/quilograma de solo, em que a associação endomicorrízica efetivamente atuou, foi constatado um acréscimo significativo no peso de matéria seca e na área média das raízes das plantas inoculadas, no solo natural (Quadro 4). No solo esterilizado, a diferença só foi significativa para a área média das raízes. Esses acréscimos estão, provavelmente, associa-

dos ao melhor suprimento de P das plantas inoculadas: nelas a relação entre peso da parte aérea e peso das raízes foi significativamente maior (Quadro 4) que nas plantas não inoculadas, o que sugere sua melhor eficiência na absorção de nutrientes e transformação dos mesmos em matéria seca.

O melhor suprimento de P das plantas micorrízicas pode ser constatado pelo aumento significativo da quantidade de P absorvido por unidade de área de raiz. Com o potássio, foi observado um comportamento semelhante. Essas alterações na quantidade de P absorvido por unidade de área de raiz de planta micorrízicas podem ser decorrentes do aumento do volume de solo explorado pelo conjunto de raízes das plantas e hifas do fungo (Hayman & Mosse, 1972), como também da maior afinidade iônica (baixo Km) dos sítios de absorção dos fungos (Cress et alii, 1979).

LITERATURA CITADA

- ABBOTT, L. K. & ROBSON, A. D. Growth of subterranean clover in relation to the formation of endomycorrhizas by introduced and indigenous fungi in a field soil. *New Phytol*, Oxford, 85:575-585, 1978.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Levantamento semidetalhado dos solos de áreas do Ministério da Agricultura no Distrito Federal. Rio de Janeiro, Equipe de Pedologia e Fertilidade do solo, 1968. 135p. (Boletim, 8)
- CLAASSEN, N. & BARBER, S.A. Simulation model for nutrient uptake from soil by a growing plant system. *Agron. J.*, Madison, 68:961-964, 1976.
- CRESS, W. A.; THRONEBERRY, G. O.; LINDSEY, D. L. Kinetics of phosphorus absorption by mycorrhizal and non mycorrhizal tomato roots. *Pl. Physiol.*, Lancaster, 64:484-487, 1979.

Quadro 4. Matéria seca e área de raízes de sorgo, cultivado por trinta dias em casa de vegetação e suas relações com o rendimento de matéria seca, fósforo e potássio absorvidos, influenciados por doses de fósforo e inoculação de fungos endomicorrízicos

fósforo (P) Doses de	Matéria seca		Área média		Peso p.a./Peso raiz		P abs.p.a./unid. área raiz		K abs.p.a./unid. área raiz	
	I	NI	I	NI	I	NI	I	NI	I	NI
mg/kg de solo	g/vaso		cm ²		Solo natural		μg de P/cm ²		μg de K/cm ²	
0	0,09	0,05	100	50	1,49	1,54	1,0	1,2	18,4	18,3
25	1,33	0,73	1.338	842	2,64	1,66	6,3	1,9	124,6	45,6
50	1,87	2,26	2.159	2.657	3,34	2,84	7,2	4,2	146,6	104,9
d.m.s. (5%) interação	0,83*		765*		0,91*		1,6*		42,0*	
Solo esterilizado										
0	0,07	0,07	93	100	1,37	1,38	1,0	0,9	16,5	13,7
25	1,20	0,96	1.583	1.229	2,92	1,80	6,8	1,9	131,6	42,6
50	2,06	2,83	2.395	3.360	3,47	2,64	7,2	4,4	145,5	98,8
d.m.s. (5%) interação	1,93ns		1.890*		1,16ns		2,8*		31,1*	

I: Inoculado; NI: Não inoculado; p.a.: parte aérea; abs.: absorvido; unid.: unidade; *: significativo a 5%; ns: não significativo.

- GERDEMANN, J. W. & NICOLSON, T. H.. Spores of mycorrhizal Endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Trans. Br. Mycol. Soc.*, London, 46:235-244, 1963.
- GERDEMANN, J. W. & TRAPPE, J. M. The Endogonaceae in the Pacific Northwest New York. New York, The Mycological Society of America, 1974, 76p. (Mycologia Memoir, 5)
- HAYMAN, D. S. Endogone spore numbers in soil and vesicular-arbuscular mycorrhiza in wheat as influenced by season and soil treatment. *Trans. Br. Mycol. Soc.*, London, 54:53-63, 1970.
- HAYMAN, D. S. Endomycorrhizae. In: DOMMERGUES, Y. R. & DRUPA, S. V. Interactions between non-pathogenic soil microorganisms and plants. Amsterdam, Elsevier, 1978. p. 401-423.
- HAYMAN, D. S. & MOSSE, B. The role of vesicular-arbuscular mycorrhiza in the removal of phosphorus from soil by plant roots. *Rev. Ecol. Biol. Sol.*, 9: 463-470, 1972.
- LOPES, A. S. & WOLLUM, A. G. Comparative effects of methylbromide, propylene oxide, and autoclave sterilization on specific soil chemical characteristics. *Turrialba*, Costa Rica, 26:351-355, 1976.
- MARSH, B. A. Measurement of lenght in random arrangements of lines. Short communication. *J. Appl. Ecol.*, 8:265-267, 1971.
- MENGE, J. A.; STEIRLE, D.; BAGYARAJ, D. J.; JOHNSON E. L. V. & LEONARD, R. T. Phosphorus concentrations in plants responsible for inhibition of mycorrhizal infection. *New Phytol.*, Oxford, 80:575-578, 1978.
- MOSSE, B. The influence of soil type and Endogone strain on the growth of mycorrhizal plants in phosphate deficient soils. *Rev. Ecol. Biol.*, Paris, 9:529-537, 1972.
- MOSSE, B. Advances in the stude of vesicular-arbuscular mycorrhiza. *Ann. Rev. Phytopathol.*, Palo Alto, 11:171-196, 1973a.
- MOSSE, B. Plant growth responses to vesicular-arbuscular mycorrhiza IV. In soil given additional phosphate. *New Phytol.*, Oxford, 72:127-136, 1973b.
- MURPHY, J. & RILEY, J. P. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Anal. chim. Acta*, Amsterdam, 27: 31-36, 1962.
- PAIRUNAN, A. K.; ROBSON, A. D.; ABBOTT, L. K. The efectiveness of vesicular-arbuscular mycorrhizas in increasing growth and phosphorus uptake of subterranean clover from phosphorus sources of different solubilities. *New Phytol.*, Oxford, 84:327-338, 1980.
- PHILLIPS, J. M. & HAYMAN, D. S. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Trans Br. Mycol. Soc.*, Londres, 55:158-161, 1970.
- POWELL, C. L. Potassium uptake by endotrophic mycorrhizas. In: SANDERS, F. E.; MOSSE, B.; TINKER, P. B., eds. *Endomycorrhizas*. London, Academic Press, 1975. p. 461-468.
- SOUSA, D. M. G. Reações de grânulos de superfosfato triplo em solos e seus efeitos imediatos e residuais sobre as culturas. Tese de Mestrado. Porto Alegre (RS). Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1980. 90 f.
- TEDESCO, M. J. Métodos de análise de nitrogênio total, amônia, nitrito e nitrato em solos e tecido vegetal. Porto Alegre (RS). Departamento de Solos, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1978. 19 p. (Informativo Interno 01/78)
- YOST, R. S. & FOX, R. L. Contribution of mycorrhizae to P nutrition of crops growing on an Oxisol. *Agron. J.*, Madison, 71:903-908, 1979.