

# COMISSÃO III - BIOLOGIA DO SOLO

## INFLUÊNCIA DE FUNGOS ENDOMICORRÍZICOS INOCULADOS A CAMPO, NA CULTURA DE SORGO E SOJA EM UM SOLO SOB CERRADO (1)

J.C.C. de MIRANDA (2)

### RESUMO

O experimento foi conduzido no campo, em Latossolo Vermelho-Escuro argiloso, com superfosfato simples e fosfato-natural-de-patos-de-minas em diferentes doses de adubação. Cultivaram-se sucessivamente sorgo e soja, em presença de fungos endomicorrízicos nativos e dos fungos introduzidos *Gigaspora margarita* e *Glomus macrocarpus*. Em todos os tratamentos foram determinados o número de esporos no solo, o grau de infecção das raízes, o P absorvido e a produção de grãos de sorgo e soja. A produção de ambas as culturas, nos tratamentos com superfosfato simples, foi significativamente maior em presença de fungos endomicorrízicos introduzidos, provavelmente devido à baixa população fúngica nativa do solo. O efeito da associação endomicorrízica foi menos evidenciado para a soja, provavelmente devido à menor disponibilidade de P no solo, no segundo cultivo. Nos tratamentos com fosfato natural de patos-de-minas, não houve produção de sorgo, e o efeito da associação endomicorrízica na produção da soja foi observado apenas na maior dose de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicada. A efetividade da associação endomicorrízica estaria vinculada a um teor mínimo de disponibilidade de P no solo.

O número de esporos no solo e o grau de infecção das raízes poderiam ser considerados mais como parâmetros de estabelecimento do fungo do que da efetividade da associação endomicorrízica.

Foi igualmente observado um acréscimo do K, Ca e Mg absorvidos em plantas de soja inoculadas com *Glomus macrocarpus*.

### SUMMARY: THE INFLUENCE OF INOCULATED ENDOMYCORRHIZAL FUNGI ON THE YIELD OF SORGHUM AND SOYBEAN UNDER FIELD CONDITIONS, IN A CERRADO SOIL

*A field experiment was established in an argillaceous Dark Red Latosol fertilized with different levels of simple superphosphate and Patos de Minas rock phosphate. It was successively cultivated with sorghum and soybean in presence of native endomycorrhizal fungi and the introduced species *Gigaspora margarita* and *Glomus macrocarpus*. Spore number, root infection percentage, P absorption and grain yield of sorghum and soybean were measured for all treatments.*

*In the treatments with simple superphosphate, the yield of both crops, was significantly higher in the presence of introduced endomycorrhizal fungi. These results were probably due to the low native fungal population of the soil. The endomycorrhizal association effect was less evident for soybean because of the lower P availability in the soil, in the second crop. There was no yield of sorghum in the treatments with Patos de Minas rock phosphate and the endomycorrhizal association effect on the soybean yield was observed only at the highest level of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> applied. The endomycorrhizal association effectiveness might be dependent on a minimum degree of P available in the soil.*

*The spore number in the soil and root infection percentage should be considered as an indication of fungi establishment in the soil rather than an indication of the endomycorrhizal effectiveness on plant growth.*

*An increase of K, Ca and Mg absorption by soybean inoculated with *Glomus macrocarpus* was also observed.*

1) Trabalho realizado no Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados. Recebido para publicação em julho de 1981 e aprovado em fevereiro de 1982.

2) Pesquisador da EMBRAPA/CPAC. Caixa Postal 70-0023, CEP 73.300 Planaltina (DF).

## INTRODUÇÃO

A grande maioria das plantas, incluindo as de maior interesse econômico, formam em suas raízes associações simbióticas com fungos endomicorrízicos vesículo-arbusculares, os quais influenciam a absorção de nutrientes do solo, principalmente do fósforo (Gerdemann, 1968; Gerdemann, 1975; Mosse, 1973a, e Hayman, 1978).

Inúmeros trabalhos têm sido feitos sobre as características do fungo e seu comportamento no sistema solo-fungo-plantas, sendo que a maioria foi conduzida em casa de vegetação, com fontes de fósforo solúveis e naturais (Hayman & Mosse, 1972; Pairunan et alii, 1980, e Powell & Daniel, 1978). Recentemente, têm sido demonstradas respostas à inoculação com fungos endomicorrízicos, a nível de campo. Khan (1972 e 1975) verificou um aumento significativo na absorção de fósforo, produção de matéria seca e rendimento de grãos de milho e trigo quando inoculados com fungos endomicorrízicos.

Owusu-Bennoah & Mosse (1979) observaram os efeitos da inoculação no campo em cebola, lucerna e cevada. Esses efeitos apareceram quatro semanas após o plantio, sendo maiores para a cebola e lucerna. Diferenças de respostas entre diversas plantas hospedeiras foram também observadas no campo (Yost & Fox, 1979). Outros fatores, além da planta hospedeira, podem também influenciar a eficiência da associação endomicorrízica como: o tipo de solo (Mosse, 1973b), a espécie de fungo (Mosse, 1972, 1975) e o nível de fertilidade do solo (Hayman, 1975, e Yost & Fox, 1979). Miranda et alii (1981) observaram, em casa de vegetação, que a maior eficiência da associação endomicorrízica com sorgo ocorreu em doses baixas de adubação fosfatada, com um teor de fósforo extraível em torno de 3 ppm de P.

Neste trabalho, foi avaliada a eficiência da associação endomicorrízica nas culturas de sorgo e soja, a campo, em cultivos sucessivos, em solo adubado com fosfatos solúvel e natural, na presença de fungos endomicorrízicos nativos e introduzidos.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos em condições de campo, nos anos agrícolas 1979/80 e 1980/81, em Latossolo Vermelho-Escuro (LE) argiloso, originariamente sob vegetação de Cerrado, na área experimental do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados. Amostra superficial desse solo continha uma baixa população de fungos endomicorrízicos nativos (seis esporos/50g de solo) e apresentava as seguintes características químicas: pH em água (1:1) 4,6; AL = 2,0 meq/100ml; Ca + Mg = 0,3 meq/100ml; K = 50 ppm e P = 1 ppm (método de Mehlich).

Foram estabelecidos, em parcelas individuais, os tratamentos de 100 e 200kg de  $P_2O_5$ /ha, na forma de superfosfato simples, e 100, 200 e 400kg  $P_2O_5$ /ha na forma de fosfato natural de patos-de-minas, inoculados com duas espécies de fungos endomicorrízicos, *Gigaspora margarita* e *Glomus macrocarpus* (Gerdemann & Trappe, 1974), em face das testemunhas não inoculadas. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com três repetições e parcelas de 12m<sup>2</sup> (2,4m x 5,0m).

O solo, arado e gradeado, recebeu calcário dolomítico a lanco, na dose de 4t/ha (PRNT = 100%), incorporado com arado até 20cm de profundidade. Após trinta dias, foram aplicados a lanco e incorporados ao solo com grade os tratamentos com fósforo e a adubação básica de 100kg/ha de  $K_2O$  (KCl) e 40kg FTE BR-12/ha. Com mais trinta dias foi feita a inoculação com as espécies de fungos endomicorrízicos, no sulco de plantio, na área útil da parcela (1,20m x 2,0m). Colocaram-se 700g do inoculante por metro linear de sulco, a 8cm de profundidade, cobrindo-o parcialmente com o solo. O inoculante de cada espécie consistiu em uma mistura de solo, raízes, esporos e micélio, e foi obtido em casa de vegetação com o cultivo de sorgo em vasos contendo solo e areia (1:1), adubado com 20mg de P/kg da mistura. A dose do inoculante foi estabelecida de modo que fossem aplicados cerca de 2.700 esporos por metro linear de sulco.

No primeiro cultivo, em fevereiro de 1980, plantou-se o sorgo, híbrido BR 300 (*Sorghum bicolor* L. Moench), numa população de quinze plantas por metro linear com espaçamento de 60cm entre linhas. Fez-se também uma aplicação de 20kg/ha de N no sulco de plantio e 100kg/ha de N em cobertura aos 35 dias após o plantio, com sulfato de amônio. Devido à ocorrência de veranico, o sorgo recebeu irrigação por infiltração.

No segundo cultivo, em novembro de 1980, plantou-se a soja, var. IAC-2 (*Glycine max* L. Merrill), numa população de 25 plantas/metro linear e espaçamento de 60cm entre linhas. A soja foi inoculada com *Rhizobium japonicum*, aplicando-se 1kg de inoculante por 40kg de sementes. O solo não foi preparado, fazendo-se apenas a limpeza, a abertura manual dos sulcos e a adição de 60kg/ha de  $K_2O$  como cloreto de potássio, em um sulco paralelo e a 5cm do sulco de plantio.

Antes do plantio da soja, fez-se amostragem de solo para análise química (Quadro 1).

Na época da floração, aos 45 e 60 dias após o plantio do

Quadro 1. Características químicas (1) de amostras superficiais de Latossolo Vermelho-Escuro argiloso, antes do plantio da soja

Fonte P	Doses $P_2O_5$ kg/ha	pH (1:1)	Al meq/100ml	Ca + Mg	P		K
					Bray-1	Mehlich ppm	
SS <sup>(2)</sup>	100	5,1	0,4	2,4	3,3	2,2	47
	200	5,1	0,3	2,3	4,3	2,8	43
PM <sup>(2)</sup>	100	5,0	0,3	2,5	2,1	...	54
	200	5,0	0,4	2,3	2,4	...	55
	400	5,0	0,5	2,5	2,7	...	53

(1) Valores semelhantes para os tratamentos sem e com inoculação. Dados médios de nove repetições; (2) SS = superfosfato simples, e PM = fosfato-natural-de-patos-de-minas.

sorgo e da soja respectivamente, foram feitas amostragens de plantas, determinando-se o teor de P no tecido do sorgo, o peso da matéria seca e os teores de P, K, Ca e Mg no tecido da soja. Foram feitas também amostragens de porções de solo com raízes, em todos os tratamentos, para a determinação do número de esporos de fungos endomicorrízicos no solo e o 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), tomando-se cinquenta fragmentos de 1cm de raiz por amostra coloridos com azul de tripiano.

Após a colheita do sorgo, aos 120 dias, e da soja, aos 140 dias, determinou-se o peso de grãos de ambas as culturas, corrigindo-se para 13% de umidade.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os dados de produção do sorgo e da soja são apresentados no quadro 2. No cultivo do sorgo com superfosfato simples houve aumento

significativo na produção de grãos com a inoculação, independente das doses de fósforo. A produção obtida, quando se inocularam as espécies *Gigaspora margarita* e *Glomus macrocarpus*, foi superior à obtida em presença, apenas, dos fungos endomicorrízicos nativos. Esse resultado foi devido, provavelmente, à baixa população fúngica nativa do solo, como já observaram Miranda et alii (1981) e Owusu-Bennoah & Mosse (1979). A interação entre doses de fósforo e inoculação não foi significativa, como seria de esperar. Isso pode ter sido, em parte, devido à perda de duas parcelas que foram calculadas estatisticamente (Gomes, 1976).

Relacionando-se a produção de sorgo com os dados do quadro 3, observa-se que o número de esporos no solo inoculado com as espécies exóticas foi maior que no solo não inoculado,

**Quadro 2. Produção de grãos de sorgo, var. BR 300 (1.º cultivo), e de soja, var. IAC-2 (2.º cultivo), sem (NI) e com inoculação dos fungos endomicorrízicos *Gigaspora margarita* (GM) e *Glomus macrocarpus* (GLM) em solo LE a campo, com doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, na forma de superfosfato simples (SS) e fosfato-de-patos-de-minas (PM). Dados médios de três repetições**

Fonte P	Doses P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Produção de grãos					
		Sorgo			Soja		
		NI	GM	GLM	NI	GM	GLM
		kg/ha					
SS	100	328	776	937	1.053	1.021	1.364
SS	200	1.052	1.500	1.256	1.778	2.076	1.932
	dms (5%) <sup>(1)</sup>		ns			271	
Média		690b	1.138a	1.097a	1.415b	1.548ab	1.648a
PM	100	...	...	...	294	289	231
PM	200	...	...	...	403	212	310
PM	400	...	...	...	418	555	595
	dms (5%) <sup>(1)</sup>	...	...	...	...	115	...
Média		...	...	...	372a	352a	379a

<sup>(1)</sup> dms (5%) da interação inoculação x doses de fósforo. Dados médios seguidos da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Duncan, ao nível de 5%.

**Quadro 3. Número de esporos e grau de infecção de raízes de plantas de sorgo, var. BR 300, e soja, var. IAC-2, sem (NI) e com inoculação dos fungos endomicorrízicos, *Gigaspora margarita* (GM) e *Glomus macrocarpus* (GLM), em solo LE no campo, com doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, na forma de superfosfato simples (SS) e fosfato-de-patos-de-minas (PM). Os dados são médias de três repetições**

Fonte P	Doses P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Sorgo <sup>(1)</sup>						Soja <sup>(1)</sup>					
		Esporos			Infecção			Esporos			Infecção		
		NI	GM	GLM	NI	GM	GLM	NI	GM	GLM	NI	GM	GLM
	kg/ha	n.º/50g			%			n.º/50g			%		
SS	100	2	11	29	28	86	84	2	7	81	22	69	81
SS	200	5	26	20	19	84	94	2	8	39	34	79	82
Média		4x	18x	24x	24b	85a	89a	2y	8y	60x	28b	72a	81a
PM	100	...	...	...	...	...	...	0	11	42	15	68	75
PM	200	...	...	...	...	...	...	3	9	98	31	63	76
PM	400	...	...	...	...	...	...	4	8	36	21	69	73
Média		...	...	...	...	...	...	3y	9y	59x	22b	67a	75a

<sup>(1)</sup> Médias de cada variável seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Duncan, ao nível de 5%.

embora não difira estatisticamente. No entanto, o grau de infecção das plantas inoculadas foi significativamente maior que o das plantas não inoculadas. Observa-se, portanto, uma coerência entre esses dois parâmetros e a produção de grãos obtida.

A inoculação proporcionou também aumento significativo para a soja com superfosfato simples, embora seu incremento médio tenha sido menor que o observado para o sorgo. Essa redução poderia ser atribuída à especificidade entre os fungos e a planta cultivada, como já foi observado por Jackson et alii (1972) em casa de vegetação, onde o mesmo inculante foi menos eficaz para a soja do que para o milho. No entanto, o grau de infecção das raízes das plantas inoculadas com as espécies exóticas foi semelhante para o sorgo e para a soja, havendo diferença apenas para o número de esporos (quadro 3). Esses dados permitem concluir que houve bom estabelecimento do fungo no solo e que outros fatores estariam limitando a eficiência da associação endomicorrízica para a soja, como a disponibilidade de fósforo no solo (Abbott & Robson, 1978, e Yost & Fox, 1979), uma vez que no segundo cultivo se dispunha apenas do efeito residual da adubação fosfatada. Além disso, o cultivo de variedades de soja com maior potencial produtivo que a IAC-2 (EMBRAPA, 1979) poderia evidenciar melhor o efeito da associação endomicorrízica.

Independentemente da dose de  $P_2O_5$ , aplicada, a inoculação proporcionou também peso significativo para a matéria seca da soja e teores de P, K, Ca e Mg absorvidos (quadro 4). Esses valores foram superiores quando se inoculou a espécie *Glomus macrocarpus*. Isso seria de esperar, pois com a maior absorção de fósforo, haveria paralelamente um acréscimo de absorção de outros nutrientes, resultando em maior crescimento das plantas. Contudo, tem sido mencionada a influência da associação endomicorrízica na absorção de outros nutrientes além do fósforo. Miranda et alii (1981) observaram um acréscimo da absorção de potássio em plantas de sorgo, enquanto outros autores (Ezeta & Santos, 1980, e Powell, 1975) obtiveram efeitos pouco relevantes ou mesmo negativos da associação endomicorrízica na absorção desse nutriente. Da mesma forma, para a absorção de cálcio e magnésio, o efeito da associação tem sido relevante (Ezeta & Santos, 1980) ou não (Pairunan et alii, 1980), dependendo da dose de adubação fosfatada.

Houve também uma interação significativa entre inoculação e doses de fósforo, para a soja cultivada com superfosfato simples. A produção obtida foi significativamente maior na dose residual de 100kg/ha de  $P_2O_5$ , quando se inoculou *Glomus macrocarpus*, e na dose residual de 200kg/ha de  $P_2O_5$ , quando se inoculou *Gigaspora margarita*. Essas observações foram semelhantes para o sorgo no primeiro cultivo, evidenciando um comportamento diferente de cada espécie exótica em relação à dose de adubação fosfatada. Dados semelhantes foram

**Quadro 4.** Peso de matéria seca e teor total de nutrientes absorvidos pela soja, var. IAC-2, em solo LE no campo, sem (NI) e com inoculação dos fungos endomicorrízicos, *Gigaspora margarita* (GM) e *Glomus macrocarpus* (GLM) e adubado com duas doses de  $P_2O_5$ , na forma de superfosfato simples. Os dados são média de seis repetições.

Variáveis/cinco plantas	Inoculação (1)		
	NI	GM	GLM
Matéria seca (g)	14b	12b	16a
P absorvido (mg)	20b	18b	24a
K absorvido (g)	0,26b	0,23b	0,31a
Ca absorvido (g)	0,11b	0,11b	0,15a
Mg absorvido (g)	0,03b	0,03b	0,04a

(1) Dados de cada variável seguidos da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Duncan, ao nível de 5%.

obtidos por Abbott & Robson (1978) com diferentes espécies de *Glomus*. Esse aspecto é de grande importância e necessitaria uma confirmação experimental mais específica.

Nos tratamentos com fosfato natural de patos-de-minas as plantas de sorgo, praticamente, não se desenvolveram. Devido à baixa solubilidade da rocha fosfatada, o fósforo disponível no solo teria sido insuficiente para o estabelecimento do fungo e desenvolvimento das plantas. Pairunan et alii (1980) e Yost & Fox (1979) observaram que, para o desenvolvimento da associação endomicorrízica em diferentes culturas, era necessário um teor mínimo de fósforo disponível no solo.

Em função do efeito residual do fosfato-de-pato-de-minas no segundo cultivo, obtiveram-se dados de produção da soja, embora muito baixos (quadro 2). A interação inoculação e doses de fósforo foi significativa, sendo que na dose residual de 400kg/ha de  $P_2O_5$ , a produção obtida em presença das espécies exóticas, foi estatisticamente diferente em relação à do tratamento não inoculado. A maior disponibilidade de fósforo no solo teria permitido melhor atuação dos fungos introduzidos. Pelos dados de análise química do solo (quadro 1), observa-se que o teor de fósforo extraível (método de Bray-1) nessa dose é relativamente próximo ao da dose de 100kg/ha de  $P_2O_5$ , como superfosfato simples, em que se constatou a melhor eficiência da espécie *Glomus macrocarpus*. Constatou-se também que, apesar dos dados de produção, praticamente não houve variação do número de esporos no solo e do grau de infecção das raízes nas diferentes doses de  $P_2O_5$ , com fosfato-de-patos-de-minas (quadro 3).

Os dados do quadro 3, quando relacionados com os do quadro 2, sugerem que o número de esporos e o grau de infecção radicular podem ser considerados mais como parâmetros do estabelecimento do fungo, do que da eficácia da associação endomicorrízica, conforme já observado por Miranda et alii (1981).

É importante salientar que a inoculação foi efetuada apenas antes do primeiro cultivo e que os fungos introduzidos sobreviveram em condições naturais, por dois períodos agrícolas, incluindo uma época seca com ausência de plantas. Dados semelhantes foram constatados por Hayman et alii (1975) e em solo sob Cerrado por Miranda (1981). Esses dados são importantes em termos de utilização do inoculante no campo.

Dados obtidos por outros autores, assim como os apresentados neste trabalho, demonstram a viabilidade de utilização das endomicorizas vesículo-arbusculares a nível de campo. Todavia, existem ainda limitações de seu uso para grandes áreas como, por exemplo, a quantidade de inoculante utilizada.

### LITERATURA CITADA

- ABBOTT, L.K. & ROBSON, A.D. Growth of subterranean clover in relation to the formation of endomycorrhizae by introduced and indigenous fungi in a field soil. *New Phytol.*, 81:575-85, 1978.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados. Relatório Técnico Anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados 1977-1978. Planaltina, DF., 1979. v. 3. 195p.
- EZETA, F.N. & SANTOS, O.M. Benefício da introdução de endomicorriza eficiente na utilização de nutrientes em Latossolos do Sul da Bahia. *R. bras. Ci. Solo*, 4:13-17, 1980.
- GERDEMANN, J.W. Vesicular-arbuscular mycorrhiza and plant growth. *Ann. Rev. Phytopathol.*, 6:397-418, 1968.
- GERDEMANN, J.W. Vesicular-arbuscular mycorrhizae. In: Torrey, J.G. & Clarkson, D.T., ed. *The development and functions of roots*. London, Academic Press, 1975. p. 575-579.
- GERDEMANN, J.W. & NICOLSON, T.H. Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Trans. Brit. Mycol. Soc.*, 46:235-244, 1963.
- GERDEMANN, J.W. & TRAPPE, J.M. The *Endogonaceae* in the Pacific Northwest. s.l. *The Mycological Society of America*, 1974. 76p.
- GOMES, F.P. *Curso de estatística experimental*. 6. ed. São Paulo, Nobel, 1976. 430p. il.
- HAYMAN, D.S. The occurrence of mycorrhiza in crops as affected by soil fertility. In: Sanders, F.E.; Mosse, B. & Tinker, P.B., ed. *Endomycorrhizas*. London, Academic Press, 1975. p. 495-509.
- HAYMAN, D.S. Endomycorrhizae. In: Dommergues, Y.R. & Krupa, S.V., ed., *Interactions between non pathogenic soil microorganisms and plants*. Amsterdam, Elsevier, 1978. p.401-42.
- HAYMAN, D.S.; JOHNSON, A.M.; RUDDLESDIN, I. The influence of phosphate and crop species on *Endogone* spores and vesicular-arbuscular mycorrhiza under field conditions. *Plant and Soil*, 43:489-495, 1975.
- HAYMAN, D.S. & MOSSE, B. The role of vesicular-arbuscular mycorrhiza in the removal of phosphorus from soil by plant roots. *Rev. Ecol. Biol.*, 9:463-470, 1972.
- JACKSON, N.E.; FRANKLIN, R.E.; MILLER, R.H. Effects of vesicular-arbuscular mycorrhizae on growth and phosphorus content of three agronomic crops. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 36:64-67, 1972.
- KHAN, A.G. The effect of vesicular-arbuscular mycorrhizal associations on growth of cereals. I. Effects on maize growth. *New Phytol.*, 71:613-619, 1972.
- KHAN, A.G. The effect of vesicular-arbuscular mycorrhizal associations on growth of cereals. II. Effects on wheat growth. *Ann. appl. Biol.*, 80:27-36, 1975.
- MIRANDA, J.C.C. de. Ocorrência de fungos endomicorrizicos nativos em um solo de cerrado do Distrito Federal e sua influência na absorção de fósforo por *Brachiaria decumbens* Stapf. *R. bras. Ci. Solo*, 5:102-105, 1981.
- MIRANDA, J.C.C. de; SOUZA, D.M.G.; MIRANDA, L.N. de. Influência de fungos endomicorrizicos vesículo-arbusculares na absorção de fósforo e rendimento de matéria seca de plantas de sorgo. Trabalho apresentado no XVIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Salvador, BA, 1981.
- MOSSE, B. The influence of soil type and *Endogone* strain on the growth of mycorrhizal plants in phosphate deficient soils. *R. Ecol. Biol.*, 9:529-537, 1972.
- MOSSE, B. Advances in the study of vesicular-arbuscular mycorrhiza. *Ann. R. Phytopathol.*, 11:171-196, 1973a.
- MOSSE, B. Plant growth responses to vesicular-arbuscular mycorrhiza. IV. In soil given additional phosphate. *New Phytol.*, 72:127-36, 1973b.
- MOSSE, B. Specificity in VA mycorrhizas. In: Sanders, F.E.; Mosse, B. & Tinker, P.B., ed. *Endomycorrhizas*. London, Academic Press, 1975. p.469-84.
- OWUSU-BENNOAH, E. & MOSSE, B. Plant growth responses to vesicular-arbuscular mycorrhiza. XI. Field inoculation responses in barley, lucerne and onion. *New Phytol.*, 83(3):6711-9, 1979.
- PAIRUNAN, A.K.; ROBSON, A.D.; ABBOTT, L.K. The effectiveness of vesicular-arbuscular mycorrhizas in increasing growth and phosphorus uptake of subterranean clover from Phosphorus sources of different solubilities. *New Phytol.*, 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. Brit. Mycol. Soc.*, 55:158-161, 1970.
- POWELL, C.L.L. Potassium uptake by endotrophic mycorrhizas. In: Sanders, F.E.; Mosse, B. & Tinker, P.B., ed. *Endomycorrhizas*. London, Academic Press, 1975. p. 461-68.
- POWELL, C.L.L. & DANIEL, J. Mycorrhizal fungi stimulate uptake of soluble and insoluble phosphate fertilizer from a phosphate-deficient soil. *New Phytol.*, 80:351-358, 1978.
- YOST, R.S. & FOX, R.L. Contribution of mycorrhizae to P nutrition of crops growing on a Oxisol. *Agr. J.* 71: 903-908, 1979.