

# INFLUÊNCIA DE FUNGOS MICORRÍZICOS VESÍCULO-ARBUSCULARES, FONTES E DOSES DE FÓSFORO SOBRE O CRESCIMENTO DE AVEIA FORRAGEIRA<sup>1</sup>

NEWTON DE LUCENA COSTA<sup>2</sup>, JAIR ALVES DIONÍSIO<sup>3</sup> e IBAMOR ANGHINONI<sup>4</sup>

RESUMO - É avaliado efeito de micorrizas vesículo-arbusculares (MVA) e fontes (Superfosfato triplo e fosfato natural de Patos) e doses de P (0, 30 e 60 kg de  $P_2O_5$ /ha) sobre o crescimento, concentração e absorção de P por espécies de aveia forrageira (aveia-preta - *Avena strigosa* Schreb. cv. Comum e aveia-amarela - *A. byzantina* Koch. cv. Coronado), em experimento conduzido em casa de vegetação na Fac. de Agron. da UFRGS. Utilizou-se solo classificado como Laterita Hidromórfica, esterilizado a 110°C, por uma hora, durante três dias consecutivos, sendo reinoculado com população microbiana isenta de outros fungos endomicorrízicos. Utilizou-se como tratamento adicional solo natural não esterilizado e sem aplicação de P. A inoculação de MVA incrementou ( $P < 0,05$ ) a produção de matéria seca, concentração e absorção de P, nas duas espécies de aveia forrageira. Os efeitos da micorrização foram favorecidos pela aplicação de P, (superfosfato triplo na dose de 60 kg de  $P_2O_5$ /ha). *G. macrocarpum* mostrou-se mais eficiente que os fungos endomicorrízicos nativos. A taxa de colonização radicular e o número de esporos foram incrementados com a inoculação de MVA. A aplicação de fosfato solúvel resultou em decréscimo desses parâmetros, verificando-se o inverso com relação ao fosfato de rocha.

Termos para indexação: nutrição fosfatada, *Glomus macrocarpum*, *Avena byzantina*, *A. strigosa*.

## INFLUENCE OF VESICULAR-ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI SOURCES AND LEVELS OF PHOSPHORUS ON THE GROWTH OF OAT FORAGE

ABSTRACT - The effects of vesicular-arbuscular mycorrhizae (VAM), sources (Triple superphosphate and Patos de Minas rock phosphate) and phosphorus levels (0, 30 and 60 kg of  $P_2O_5$ /ha), on dry matter yield, concentration and P uptake by oat forage species (black oat - *Avena strigosa* Schreb. cv. Comum and yellow oat - *A. byzantina* Koch. cv. Coronado) - were evaluated in a greenhouse trial at Faculty of Agronomy - UFRGS -, utilizing a Hydromorphic Latent soil, sterilized at 110°C for one hour for three days, and reinoculated with a soil microbial suspension free of mycorrhizal fungi spores. An additional treatment with nonsterilized soil and without phosphate fertilization and mycorrhizal inoculation was used. The inoculation of VAM promoted a significant increment ( $P < 0,05$ ) on the DM yield, concentration and P uptake by oat species. The mycorrhizal effects were improved by the phosphate fertilization. The best results were observed with the application of triple superphosphate on the level 60 kg of  $P_2O_5$ /ha. *G. macrocarpum* was more efficient than native VAM fungi. The yellow oat showed the greatest RMD, independently of P source. The root colonization and the number of spores were increased by the VAM inoculation, mainly with yellow oat cultivation. The P application affected negatively these parameters, at the highest level (60 kg of  $P_2O_5$ /ha). The inverse was observed with application of rock phosphate.

Index terms: phosphate nutrition, *Glomus macrocarpum*, *Avena byzantina*, *A. strigosa*.

## INTRODUÇÃO

No Rio Grande do Sul, a pecuária de corte é praticada em regime extensivo de exploração, tendo nas pastagens nativas uma das principais fontes de alimentação dos rebanhos. Em face da marcada estacionalidade produtiva dessas pastagens, os bovinos ganham peso durante o período primavera-verão, e na estação fria perdem de 30 a 50% dos ganhos obtidos (Moojen & Saibro 1981). O cultivo de espécies

<sup>1</sup> Aceito para publicação em 2 de agosto de 1988. Trabalho apresentado na I Reunião Brasileira sobre Micorrizas, Lavras, MG, de 11 a 14 de novembro de 1985.

<sup>2</sup> Eng.-Agr., M.Sc., EMBRAPA/Unidade de Execução de Pesquisa de Âmbito Estadual de Porto Velho (UEPAE de Porto Velho), Caixa Postal 406, CEP 78900 Porto Velho, RO.

<sup>3</sup> Eng.-Agr., M.Sc., Fundação Universidade Estadual de Ponta Grossa, CEP 84100 Ponta Grossa, PR.

<sup>4</sup> Eng.-Agr., Ph.D., Faculdade de Agronomia da UFRGS, Caixa Postal 776, CEP 90000 Porto Alegre, RS.

anuais hibernais, principalmente das aveias forrageiras, é uma das alternativas para suprir as deficiências do campo nativo durante este período.

A introdução de pastagens cultivadas é feita, normalmente, em solos de baixa fertilidade natural ou empobrecidos por sucessivos cultivos agrícolas, sendo a deficiência em fósforo (P) a mais generalizada. Acrescente-se a este fato a alta capacidade de fixação desse elemento nos oxissolos e ultissolos brasileiros, em consequência de sua acidez e teores elevados de óxido de ferro e alumínio. Tedesco et al. (1984), avaliando a fertilidade dos solos do Rio Grande do Sul, verificaram que 76,4% das amostras analisadas apresentavam teores baixos de P, e 45% do pH inferior a 5,5. Em face do elevado custo dos fertilizantes fosfatados, a utilização de mecanismos biológicos que aumentem a disponibilidade e favoreçam a absorção de P são de considerável importância econômica. Nesse contexto, as associações micorrízicas surgem como uma das alternativas mais promissoras.

As micorrizas vesículo-arbusculares (MVA) são associações simbióticas mutualistas entre as raízes da maioria das espécies vegetais superiores e certos fungos do solo. Essas associações são caracterizadas pelo contato íntimo entre os simbiontes, pela perfeita integração morfológica e regulação funcional, e pela troca simultânea de metabólitos e nutrientes (Pascual & Navarro 1985).

O aumento na área do solo explorado parece ser o principal mecanismo responsável pelo incremento na absorção de nutrientes, especialmente P, Zn e Cu, que possuem reduzida mobilidade no solo (Zambolim & Siqueira 1985). Segundo Rhodes & Gerdemann (1975), as hifas do fungo ao colonizarem o córtex estendem-se nas áreas adjacentes do solo, podendo atingir distâncias consideráveis (até 8 cm) de superfície da raiz, aumentando, assim, a interface raiz/solo, além de permitir a comunicação das raízes absorventes com zonas não esgotadas em nutrientes. Cress et al. (1979) verificaram que raízes de tomateiro colonizadas com MVA apresentavam um sistema de absorção de P altamente eficiente, caracterizado por baixos valores de Km (constante de Michaelis-Menten), embora os valores de Vmax fossem similares. Na opinião de Barea et al. (1975), este fato assume um papel de grande relevância na utilização de fosfatos naturais, pois as plantas colonizadas são capazes de baixar o nível de P na solução do solo para valores inferiores aos do produto de solubilidade de compostos poucos solúveis de P. Ademais, a utilização de fosfato de rocha geralmente incrementa a ta-

xa de colonização radicular, com reflexos positivos sobre o crescimento das plantas (Barea & Ázcon-Aguilar 1983). Barea et al. (1980) e Waidyanatha et al. (1979), avaliando o efeito da inoculação de MVA sobre o aproveitamento de rochas fosfatadas, verificaram que as plantas micorrizadas de alfafa e *Pueraria phaseoloides* apresentaram incrementos de 148% e 695% na produção de forragem, respectivamente em relação às não micorrizadas.

O teor de P disponível no solo constitui um dos principais fatores do sucesso da inoculação com fungos MVA em termos de resposta de crescimento e persistência da espécie introduzida (Lopes et al. 1983). Segundo Siqueira et al. (1984), o alto suprimento de P para as plantas resulta em maior concentração de açúcares e de seus derivados nas células corticais, que implica em condições desfavoráveis ao crescimento do fungo e, conseqüentemente, influencia a intensidade de colonização radicular e produção de propágulos. Miranda et al. (1984), avaliando o efeito da inoculação de *Glomus macrocarpum* sobre o desempenho do *Sorghum bicolor*, observaram decréscimos de 69%, 82% e 100% no número de esporos/50 g de solo quando a dose de P passou de 25 para 50, 100 e 200 mg de P/kg solo, respectivamente, o que correspondeu aos níveis de P no solo de 2,7; 4,2; 8,4 e 17 ppm, respectivamente. Hayman (1975) verificou um decréscimo de 60% na taxa de colonização micorrízica de raízes de cevada quando o nível de fósforo no solo passou de 8 para 13 ppm. Já Schubert & Hayman (1986) verificaram ausência de colonização em raízes de cebola quando os níveis de P disponível no solo variaram de 32,4 a 64,0 ppm; dependendo da espécie de fungo endomicorrízico inoculada.

Este trabalho objetivou avaliar o efeito de inoculação de fungos endomicorrízicos, na presença, ou não, de doses e fontes de P, sobre o crescimento e a absorção de P em duas espécies de aveia forrageira.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação da Faculdade de Agronomia da UFRGS, no período de setembro a novembro de 1983.

Utilizou-se solo da Unidade de Mapeamento Arroio dos Ratos (Laterita Hidromórfica), o qual apresentava as seguintes características químicas: pH = 5,6; P = 4 ppm (Mehlich D); K = 128 ppm (Mehlich D); Ca<sup>++</sup> + Mg<sup>++</sup> = 3,5 mE% (Extração com acetado de amônio 1 N); Al<sup>+++</sup> = 0,05 mE% (Extração com KCl 1 N) e matéria orgânica = 2,8% (Combustão úmida) (Mielniczuk et al. 1969).

O solo foi coletado na camada arável (0 a 20 cm), destorroad e passado em peneira com abertura de 6,0 mm, sendo, a seguir, esterelizado em autoclave a 110°C, por uma hora,

com intervalos de 24 horas, durante três dias, a vapor fluente e pressão de 1,5 atmosfera.

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com três repetições. Os tratamentos foram constituídos por duas fontes (superfosfato triplo e fosfato natural de Patos) e três doses de P (0, 30 e 60 kg de  $P_2O_5$ /ha), e pela inoculação, ou não, com o fungo endomicorrízico *Glomus macrocarpum*, proveniente de raízes de *Stylosanthes guianensis* cv. Schofield recém-colhidas e com 90% de colonização, os quais foram aplicados em duas espécies de aveia forrageira (aveia-preta - *Avena strigosa* cv. Comum e aveia-amarela - *A. byzantina* cv. Coronado). No tratamento controle utilizou-se o solo natural, não esterilizado e sem fertilização fosfatada.

Cada unidade experimental consistiu de um vaso com capacidade para 2 kg de solo seco. A inoculação do fungo MVA foi feita adicionando-se 10 g de inóculo por vaso (raiz + solo + esporos), contendo aproximadamente 250 esporos, o qual foi colocado numa camada uniforme cerca de 5 cm abaixo do nível da sementeira. Os vasos inoculados receberam 5 ml de uma suspensão do solo livre de esporos e micélios, a fim de assegurar a presença de outros microorganismos naturais do solo. As doses e fontes de P foram aplicadas por ocasião do plantio, sendo misturadas uniformemente com o solo. O plantio foi feito com sementes previamente tratadas com hipoclorito de sódio por 10 minutos. Após o desbaste, foram deixadas três plantas por vaso. O controle hídrico foi feito diariamente através da pesagem dos vasos, mantendo-se o solo em 80% de sua capacidade de campo.

Após doze semanas de cultivo, as plantas foram cortadas rente ao solo, secadas em estufa a 65°C por 48 horas, pesadas e moídas. Os teores de P na matéria seca (MS) foram determinadas segundo a metodologia descrita por Tedesco (1982). Amostras de solo e raízes foram tomadas para contagem de esporos e avaliação da colonização radicular. A recuperação dos esporos foi feita através de técnica de peneiração úmida e decantação (Gerdemann & Nicolson 1963) de 50 g de solo de cada amostra, uma por vaso, sendo a contagem realizada com o auxílio de uma lupa de 80 aumentos. A intensidade de colonização radicular foi avaliada através de observações ao microscópio de 25 fragmentos de raízes de  $\pm 2$  cm de comprimento, clarificadas em solução KOH 10% e coloridas com uma solução azul de tripano a 0,05% em lactofenol (Phillips & Hayman 1970), utilizando-se o método das intersecções descrito por Giovannetti & Mosse (1980).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O número de esporos e a taxa de colonização das raízes das duas espécies de aveia forrageira foram significativamente ( $P < 0,05$ ) incrementadas com a inoculação de MVA, sendo os maiores valores verificados com a aplicação de fosfato de rocha, e os menores, no solo natural não esterilizado (Tabela 1). Resultados semelhantes foram obtidos por Ezeta & Santos (1980), Barea et al. (1980), Miranda et al. (1984), Paulino et al. (1986) e Costa et al. (1987). Para as duas fontes de P utilizadas, não se observou efeito significativo ( $P > 0,05$ ) de doses, tanto no número de esporos como na taxa de colonização. Provavelmente, este fato foi consequência da aplica-

ção de doses relativamente baixas de P, já que, em geral, a adição de P ao solo, notadamente de fontes solúveis, diminui a formação de micorrizas, bem como a esporulação (Mosse 1973). Segundo Siqueira et al. (1984), o P controla o grau de colonização das raízes pelos fungos endomicorrízicos através de seu efeito no metabolismo dos carboidratos da planta hospedeira, já que estes constituem o principal substrato que sustenta o fungo na simbiose. Deste modo, a maior disponibilidade de P no solo aumenta a concentração de açúcares e ácidos orgânicos nas células corticais das raízes, proporcionando condições desfavoráveis à penetração e/ou crescimento do fungo no córtex, reduzindo assim a taxa de colonização (Siqueira et al. 1982).

As produções de matéria seca (MS) das espécies de aveia forrageira em função dos tratamentos aplicados estão apresentadas na Tabela 2. Na ausência de adubação fosfatada, o maior rendimento de MS ( $P < 0,05$ ) da aveia-amarela foi obtido com a inoculação de MVA, o que correspondeu a incrementos de 180% e 61% respectivamente, em comparação ao tratamento testemunha (solo esterilizado) e às micorrizas nativas (solo natural). Resultados similares foram relatados por Bagyaraj & Manjunath (1980) em *Vigna unguiculata*, Ezeta & Carvalho (1982) em mandioca, Manjunath & Bagyaraj (1984) em guandu e Cardoso (1986) em soja. Já para aveia-preta, observou-se efeito significativo ( $P < 0,05$ ) da inoculação apenas em relação ao tratamento com solo esterilizado, o que sugere que as espécies de fungos endomicorrízicos nativos foram tão eficientes quanto à introduzida (*G. macrocarpum*), na produção de MS e absorção de P. Comportamento semelhante foi observado por Powell (1977) e Hall (1977) em trevo-branco e Ezeta & Santos (1980) em *V. unguiculata*. Segundo Kruckelmann (1975), as plantas apresentam grande variabilidade quanto à susceptibilidade à formação de MVA, a qual parece ser controlada geneticamente, podendo ocorrer especificidade até mesmo ao nível de variedade (Schenck et al. 1975).

Nas plantas micorrizadas, verificou-se um acréscimo significativo ( $P < 0,05$ ) na produção de MS, em função do aumento da adubação fosfatada. Para aveia-amarela, os maiores valores foram obtidos com a aplicação de 60 kg de  $P_2O_5$ /ha sob a forma de superfosfato triplo. Resultados similares foram relatados por Ezeta & Santos (1980) em *V. unguiculata*, Barea et al. (1980) em alfafa, e Schubert & Hayman (1986) em cebola. No entanto, para aveia-preta, não se observou efeito significativo ( $P > 0,05$ ) de fontes de P. Do mesmo modo, Paulino et

al. (1986) não detectaram diferenças significativas entre os rendimentos de MS de *Macroptilium atropurpureum* obtidos com a inoculação de *Glomus mosseae* ou *G. fasciculatum* associada à aplicação de fosfato de rocha (Fosbayovar) ou fosfato solúvel ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ). Segundo Ázcon-Aguilar & Barea (1978), bactérias solubilizadoras de P comumente estão presentes na rizosfera micorrizica, atuando em sinergismo com os endófitos. Neste caso, as MVA,

ao incrementarem a absorção de P solúvel, favorecem a dissociação química do fosfato insolúvel, para manter o equilíbrio do P na solução do solo (Barea & Ázcon-Aguilar 1983).

As fontes de P afetaram distintamente a eficiência de resposta à inoculação de MVA em aveia-amarela, já que se detectou significativo ( $P < 0,05$ ) desta apenas com a aplicação de superfosfato triplo. Miranda (1982), comparando doses de P sobre a

TABELA 1. Efeito da inoculação de fungos MVA, fontes e doses de P sobre o número de esporos e taxa de colonização em raízes de aveia forrageira. Médias de três repetições.

Tratamentos	Aveia-amarela		Aveia-preta	
	Esporos <sup>1</sup>	Colonização	Esporos	Colonização
	nº/50 g solo	%	nº/50 g solo	%
Testemunha	-	-	-	-
Micorizas nativas	4 d	11 d	3 d	14 d
<i>G. macrocarpum</i> (M)	67 b	61 b	60 c	52 bc
Fosfato solúvel ( $P_1$ ) <sup>2</sup> + M	51 bc	52 bc	63 bc	47 c
Fosfato solúvel ( $P_2$ ) <sup>3</sup> + M	43 c	40 c	51 c	38 c
Fosfato de rocha ( $P_1$ ) <sup>2</sup> + M	98 d	75 a	83 ab	66 ab
Fosfato de rocha ( $P_2$ ) <sup>3</sup> + M	112 a	82 a	96 a	77 a

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si ( $P > 0,05$ ) pelo teste de Duncan.

<sup>1</sup> Dados analisados após transformação em  $\sqrt{x + 1}$

<sup>2</sup>  $P_1 = 30 \text{ kg de } P_2O_5/\text{ha}$

<sup>3</sup>  $P_2 = 60 \text{ kg de } P_2O_5/\text{ha}$

TABELA 2. efeito da inoculação de fungos MVA, fontes e doses de P sobre a produção de matéria seca (MS) e dependência relativa à micorrização (DRM) da aveia forrageira. Média de três repetições.

Tratamentos	Aveia-amarela		Aveia-preta	
	Produção de MS	DRM <sup>1</sup>	Produção de MS	DRM <sup>1</sup>
	g/vaso	%	g/vaso	%
Testemunha	1,35 e	-	2,25	-
Micorizas nativas	2,36 d	42,8	2,61 de	13,8
<i>G. macrocarpum</i> (M)	3,80 c	64,5	3,54 d	36,4
Fosfato solúvel ( $P_1$ ) <sup>2</sup> + M	6,28 b	78,5	7,36 b	69,4
Fosfato solúvel ( $P_2$ ) <sup>3</sup> + M	8,18 a	83,5	9,01 a	75,0
Fosfato de rocha ( $P_1$ ) <sup>2</sup> + M	5,44 b	75,2	6,18 c	63,6
Fosfato de rocha ( $P_2$ ) <sup>3</sup> + M	5,97 b	77,4	8,12 ab	72,3

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si ( $P > 0,05$ ) pelo teste de Duncan.

<sup>1</sup>  $DRM = \frac{PSM - PSnM}{PSM} \times 100$ , onde PSM é o peso seco da planta micorrizada e PSnM é o peso seco da planta não micorrizada.

<sup>2</sup>  $P_1 = 30 \text{ kg de } P_2O_5/\text{ha}$ .

<sup>3</sup>  $P_2 = 60 \text{ kg de } P_2O_5/\text{ha}$ .

produção de grãos de soja, só obteve efeito significativo da inoculação de *G. macrocarpum* na presença de superfosfato simples, em relação ao fosfato natural de Patos. Já, Miranda et al. (1984) verificaram interação significativa entre doses de P e inoculação com MVA, a qual foi explicada, em parte, pela melhor eficiência de absorção de P e transformação em rendimento de MS das plantas de sorgo inoculadas, na dose de 25 mg de P/kg solo, dada a ausência de diferença significativa entre as doses 25 e 50 mg de P/kg solo quando as plantas foram micorrizadas. Resultados semelhantes foram relatados por Waidyanatha et al. (1979) em *P. phaseoloides*, Hall (1977) em trevo-branco, e Paulino et al. (1986) em *G. striata*. Segundo Jehne (1980), diversas espécies de MVA apresentam especificidade em relação à fonte de P aplicada, o que pode afetar diretamente a eficiência daquelas.

Com relação à dependência relativa à micorrização - DRM - (Plenchette et al. 1983), as duas espécies de aveia forrageira foram mais dependentes em relação ao *G. macrocarpum* que aos fungos endomicorrízicos nativos, fato também verificado por Powell et al. (1980) com cevada, e Manjunath & Bagyaraj (1986) em *Vigna radiata*. A adição de P ao solo aumentou a DRM, sendo este efeito mais acentuado na aveia-amarela, tanto com a aplicação de superfosfato triplo como de fosfato de rocha. Na aveia-preta, a DRM foi incrementada na presença de superfosfato triplo, enquanto que com a aplicação de fosfato de rocha observou-se maior acréscimo na dosagem de 60 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha. Paulino et al. (1986) verificaram que em plantas de *Centrosema pubes-*

*cens* e *G. striata*, inoculadas com *Glomus mossaea* ou *G. fasciculatum*, a DRM foi incrementada com a aplicação de fosfato solúvel, porém diminuída com o fosfato de rocha, enquanto que para *M. atropurpureum* não se observou efeito significativo das fontes de P. Resultados semelhantes foram encontrados por Powell & Daniel (1978) em Azevém, Waidyanatha et al. (1979) em *P. phaseoloides* e Barea et al. (1980) em alfafa.

Nas plantas micorrizadas das duas espécies de aveia forrageira, as concentrações e quantidades absorvidas de P foram significativamente (P < 0,05) incrementadas pela adubação fosfatada, sendo os maiores valores verificados com a aplicação de 60 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha, sob a forma de superfosfato triplo. Já, na ausência de adubação fosfatada, as plantas colonizadas por *G. macrocarpum* foram mais eficientes na absorção de P do que as não micorrizadas (solo esterelizado) e as colonizadas pelos fungos nativos (solo natural) (Tabela 3). Resultados semelhantes foram relatados por Crush (1974) em trevo-branco, Powell & Daniel (1978) em Azevém, e Barea et al. (1980) em alfafa. Conforme Zambolim & Siqueira (1985), as plantas micorrizadas por apresentarem menores valores de Km, maior fluxo de entrada de P e absorção fora da zona de esgotamento, tornam-se mais eficientes na absorção e utilização de nutrientes, notadamente o P. Yost & Fox (1979) verificaram que plantas de mandioca infectadas com MVA absorveram, em média, 25 vezes mais P do que as não infectadas em solo com baixos teores de P disponível (3 ppm - Bray I). Siqueira (1983) observa que a micorrização, geralmente, implica em

TABELA 3. Efeito da inoculação de fungos MVA, fontes e doses de P sobre a absorção e concentração de fósforo da aveia forrageira. Médias de três repetições.

Tratamentos	Aveia-amarela		Aveia-preta	
	P total	P absorvido	P total	P absorvido
	%	mg/vaso	%	mg/vaso
Testemunha	0,09 e	1,22 f	0,14 e	3,15 f
Micorizas nativas	0,15 d	3,54 e	0,23 cd	6,00 e
<i>G. macrocarpum</i> (M)	0,20 c	7,60 d	0,26 c	9,20 d
Fosfato solúvel (P <sub>1</sub> ) <sup>1</sup> + M	0,24 b	15,07 b	0,30 ab	22,08 b
Fosfato solúvel (P <sub>2</sub> ) <sup>2</sup> + M	0,29 a	23,72 a	0,32 a	28,83 a
Fosfato de rocha (P <sub>1</sub> ) <sup>1</sup> + M	0,25 b	13,60 c	0,28 bc	17,30 c
Fosfato de rocha (P <sub>2</sub> ) <sup>2</sup> + M	0,26 b	15,52 b	0,30 ab	24,36 b

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si (P > 0,05) pelo teste de Duncan.

<sup>1</sup> P<sub>1</sub> = 30 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha

<sup>2</sup> P<sub>2</sub> = 60 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha

aumento na taxa fotossintética, respiração e transpiração, o que pode causar efeitos positivos sobre a absorção de nutrientes da solução do solo.

Independentemente da adubação fosfatada ou da micorrização, a aveia-preta apresentou os maiores teores de P no tecido, o que se refletiu em menores taxas de colonização radicular (Tabela 1) e menor DRM (Tabela 2), em relação à aveia-amarela. Segundo Menge et al. (1978), o mecanismo que regula a relação entre a infecção das raízes por MVA e as doses de P aplicadas não é ainda bem conhecido, porém deve estar associado ao nível crítico interno de P da planta hospedeira. Mosse (1971) verificou que raízes de trevo dificilmente tornam-se colonizadas quando o teor de P no tecido for superior a 0,4%. Em capim-sudão, Graham et al. (1981) observaram que a colonização das raízes foi reduzida de 90% para 25% e 10% quando o teor de P na matéria seca das raízes aumentou de 0,10 para 0,15 e maior que 0,25%, respectivamente. Já, Howeler (1984) observou inexistência de colonização nas raízes de mandioca quando o teor de P na parte aérea atingiu 0,339%.

#### CONCLUSÕES

1. A inoculação de *G. macrocarpum* foi mais eficiente que as endomicorrizas nativas, promovendo acréscimos significativos na produção de MS, concentração e absorção de P nas duas espécies de aveia forrageira. Os efeitos da micorrização foram favorecidos pela aplicação de P, notadamente de superfosfato triplo na dose de 60 kg de  $P_2O_5$ /ha.

2. As fontes de P afetaram distintamente a eficiência de resposta à inoculação de MVA na aveia-amarela, havendo efeito significativo desta apenas com a aplicação de superfosfato triplo.

3. A dependência relativa à micorrização foi incrementada com a adição de P ao solo, sendo os maiores acréscimos verificados na aveia-amarela, tanto com a aplicação de fosfato solúvel como de fosfato de rocha.

4. A aplicação de fosfato solúvel resultou em decréscimo significativo do número de esporos e da taxa de colonização radicular, verificando-se o inverso com relação ao fosfato de rocha.

#### REFERÊNCIAS

- ÁZCON-AGUILAR, G. & BAREA, J.M. Effects of interaction between different culture fractions of "phosphobacteria" and *Rhizobium* on mycorrhizal infection, growth and nodulation of *Medicago sativa*. *Can. J. Microbiol.*, **24**:520-4, 1978.
- BAGYARAJ, D.J. & MANJUNATH, A. Response of crop plants to VA mycorrhizal inoculation in an unsterile indian soil. *New Phytol.*, **85**:33-6, 1980.
- BAREA, J.M. & ÁZCON-AGUILAR, G. Mycorrhizas and their significance in nodulating nitrogen-fixing plants. *Adv. Agron.*, **36**:1-54, 1983.
- BAREA, J.M.; ÁZCON, R.; HAYMAN, D.S. Possible synergistic interactions between *Endogone* and phosphate-solubilizing bacteria in low phosphate soils. In: SANDERS, F.E.; MOSSE, B.; TINKER, P.B., eds. *Endomycorrhizas*. London, Academic Press, 1975. p.373-89.
- BAREA, J.M.; ESCUDERO, J.L.; ÁZCON-AGUILAR, G. Effects of introduced and indigenous VA mycorrhizal fungi on nodulation, growth and nutrition of *Medicago sativa* in phosphate-fixing soils as affected by P fertilization. *Plant Soil*, **54**:283-96, 1980.
- CARDOSO, E.J.B.N. Eficiência de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares em soja com *Rhizobium japonicum* e fosfato de rocha, em função do tipo de solo. *R. bras. Ci. Solo*, **10**:17-23, 1986.
- COSTA, N. de L.; DIONÍSIO, J.A.; ANGHINONI, I. Efeito da inoculação de fungos endomicorrízicos e de fontes de fósforo sobre o crescimento do capim-sudão e da leucena. *Agron. Sulriogr.*, **23**:65-76, 1987.
- CRESS, W.A.; THRONEBERRY, G.O.; LINDSY, D.C. Kinetics of phosphorus absorption by mycorrhizal and non-mycorrhizal tomato roots. *Plant Physiol.*, **64**:484-7, 1979.
- CRUSH, J.R. Plant growth responses to vesicular arbuscular mycorrhiza. VII. Growth and nodulation of some herbage legumes. *New Phytol.*, **73**:734-9, 1974.
- EZETA, F.N. & CARVALHO, P.C.L. Influência da endomicorrizas na absorção de P e K e no crescimento da mandioca. *R. bras. Ci. Solo*, **6**:25-8, 1982.
- EZETA, F.N. & SANTOS, O.M. Benefício da introdução da endomicorriza eficiente na utilização de nutrientes em latossolos do sul da Bahia. *R. bras. Ci. Solo*, **4**:13-7, 1980.
- GERDEMANN, J.W. & NICOLSON, T.H. Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Tr. Br. Mycol. Soc.*, **46**:235-44, 1963.
- GIOVANNETTI, M. & MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New Phytol.*, **84**:489-500, 1980.
- GRAHAM, J.W.; LEONARD, R.T.; MENGE, J.A. Membrane-mediated decrease in root exudation responsible for phosphorus inhibition of vesicular-arbuscular mycorrhiza formation. *Plant Physiol.*, **68**:548-52, 1981.
- HALL, I.R.; SCOTT, R.S.; JOHNSTONE, P.D. Effect of vesicular-arbuscular mycorrhizas on response of "Grasslands Huia" and "Tamar" white clovers to phosphorus. *N. Z. J. Agric. Res.*, **20**:349-55, 1977.

- HAYMAN, D.S. The occurrence of mycorrhiza in crops as affected by soil fertility. In: SANDERS, F.E.; MOSSE, B.; TINKER, P.B., eds. *Endomycorrhizas*. London, Academic Press, 1975. p. 495-509.
- HOWELER, R.J.I. The effect of mycorrhizal inoculation on the phosphorus nutrition of cassava. In: RUSSEL, R.S.; IGUE, K.; MEHTA, Y.R., eds. *The soil/root system in relation to Brazilian Agriculture*. Londrina, IAPAR, 1984. p.243-58.
- JEHNE, W. Endomycorrhizas and the productivity of tropical pastures: the potential for improvement and its practical realization. *Trop. Grassl.*, 14:202-9, 1980.
- KRUCKELMANN, H.W. Effects of fertilizers, soils, soil tillage and plant species on the frequency of *Endogone* chlamydospores and mycorrhizal infection in arable soils. In: SANDERS, F.E.; MOSSE, B.; TINKER, P.B., eds. *Endomycorrhizas*. London, Academic Press, 1975. p.511-26.
- LOPES, E.S.; SIQUEIRA, J.O.; ZAMBOLIN, L. Caracterização das micorrizas vesicular-arbusculares (MVA) e seus efeitos no crescimento das plantas. *R. bras. Ci. Solo.*, 7:1-9, 1983.
- MANJUNATH, A. & BAGYARAJ, J.D. Response of blackgram, chickpea and mungbean to vesicular arbuscular mycorrhizal inoculation in an unsterile soil. *Trop. Agric.*, 63:33-5, 1986.
- 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.*, 80:575-8, 1978.
- MIELNICZUK, J.; LUDIWICK, A.; BOHNEW, H. *Recomendações de adubo e calcário para os solos e culturas do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, Faculdade de Agronomia, 1969. 29p. (Boletim Técnico, 2)
- MIRANDA, J.C.C. de. Influência de fungos endomycorrízicos inoculados a campo na cultura de sorgo e soja em um solo sob cerrado. *R. bras. Ci. Solo*, 6:19-23, 1982.
- MIRANDA, J.C.C. de; SOUZA, D.M.G. de; MIRANDA, L.N. de. Influência de fungos endomycorrízicos vesículo-arbusculares na absorção de fósforo e no rendimento de matéria seca de plantas de sorgo. *R. bras. Ci. Solo*, 8:31-6, 1984.
- MOOJEN, E.L. & SAIBRO, J.C. de. Efeito de regimes de corte sobre o rendimento e qualidade de misturas forrageiras de estação fria. *Pesq. agropec. bras.*, 16:101-10, 1981.
- MOSSE, B. *Growth of Endogone mycorrhiza in Agar medium*. s.l., Rothamsted Exp. Sta. Ann. Report, 1971. 93p.
- MOSSE, B. Advances in the study of vesicular-arbuscular mycorrhiza. *Ann. Rev. Phytop.*, 11:171-96, 1973.
- PASCUAL, J.O. & NAVARRO, J.M.B. Significado de los microorganismos del suelo en nutrición vegetal: simbiosis *Rhizobium* leguminosa y micorrizas VA. In: GARRIDO, M.L. & OROSTICA, C.G., eds. *Nutrición vegetal: algunos aspectos químicos y biológicos*. Granada, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 1985. p.151-96.
- PAULINO, V.T.; PICCINI, D.F.; BAREA, J.M. Influência de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares e fosfatos em leguminosas forrageiras tropicais. *Rev. bras. Ci Solo*, 10:103-8, 1986.
- PHILLIPS, J.M. & HAYMAN, D.S. Improved procedure for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment for infection. *Tr. Br. Mycol. Soc.*, 55:158-61, 1970.
- PLENCHETTE, C.; FORTIN, J.A.; FIRRHAN, V. Growth response of several plants species to mycorrhizas in a soil of moderate P fertility. I. Mycorrhizal dependency under field conditions. *Plant Soil*, 70:199-209, 1983.
- POWELL, C.L. Mycorrhizas in hill-country soils II. Effect of several mycorrhizal fungi on clover growth in sterilized soils. *N. Z. J. Agric. Res.*, 20:59-62, 1977.
- POWELL, C.L. & DANIEL, J. Mycorrhizal fungi stimulate uptake of soluble and insoluble phosphate fertilizer from a phosphate-deficient soil. *New Phytol.*, 80:351-8, 1978.
- POWELL, C.L.; GROTERS, M.; METCALFE, D. Mycorrhizal inoculation of a barley crop in the field. *N. Z. J. Agric. Res.*, 23:107-9, 1980.
- RHODES, L.H. & GERDEMANN, J.W. Phosphate uptake zones of mycorrhizal and nonmycorrhizal onions. *New Phytol.*, 75:755-61, 1975.
- SCHENCK, N.C.; KINLOCK, R.A.; DICKSON, D.H. Interactions of endomycorrhizal fungi and root-knot nematode on soybean. In: SANDERS, F.E.; MOSSE, B.; TINKER, P.B., eds. *Endomycorrhizas*. London, Academic Press, 1975.
- SIQUEIRA, J.O.; HUBBELL, D.H.; SCHENCK, N.C. Spore germination and germ tube growth of a vesicular-arbuscular fungus *in vitro*. *Mycol.*, 74:952-9, 1982.
- SIQUEIRA, J.O.; HUBBELL, D.H.; VALLE, R.H. Effects of phosphorus on formation of the vesicular-arbuscular mycorrhizal symbioses. *Pesq. agropec. bras.*, 19(12):1465-74, 1984.
- SCHUBERT, A. & HAYMAN, D.S. Plant growth responses to vesicular-arbuscular mycorrhiza XVI. Effectiveness of different endophytes at different levels of soil phosphate. *New Phytol.*, 103:79-90, 1986.
- SIQUEIRA, J.O. *Nutritional and edaphic factors affecting spore germination, germ tube growth and root colonization by the vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi*. Gainesville, University of Florida, 1983. Tese Ph.D.

- TEDESCO, J.M. **Extração simultânea de N, P, K, Ca e Mg em tecido de plantas por digestão com  $H_2O_2$ - $H_2SO_4$** . Porto Alegre, Faculdade de Agronomia-UFRGS, 1982. 23p. (Informativo Interno, 2)
- TEDESCO, J.M.; GOEPPERT, C.F.; LANZER, E.; VOLKWAUSS, S. Avaliação da fertilidade dos solos do Rio Grande do Sul. *Agron. sulriogr.*, **20**:179-94, 1984.
- WAIIDYANATHA, U.P. de S.; YOGARATNAM, N.; ARIYATNE, W.A. Mycorrhizal infection on growth and nitrogen fixation of *Pueraria* and *Strylosanthes* and uptake of phosphorus from two rock phosphates. *New Phytol.*, **82**:147-52, 1979.
- YOST, R.S. & FOX, R.L. Contribution of mycorrhizal to the P nutrition of crops growing on an Oxisol. *Agr. J.*, **71**:903-8, 1979.
- ZAMBOLIM, L. & SIQUEIRA, J.O. **Importância e potencial das associações micorrízicas para a agricultura**. Belo Horizonte, EPAMIG, 1985. 36p. (EPAMIG. Documentos, 26)