

INTENSIDADE DE COLONIZAÇÃO DO CÓRTEX RADICULAR E SUA RELAÇÃO COM A ABSORÇÃO DE FÓSFORO PELO CAPIM-PENSACOLA

INTENSITY OF ROOT CORTEX COLONIZATION AND ITS RELATION WITH PHOSPHORUS UPTAKE BY PENSACOLA GRASS

Danilo dos Santos Rheinheimer¹ João Kaminski²

RESUMO

Em plantas micorrizadas, após a colonização do córtex radicular, as hifas fúngicas estendem-se no solo absorvendo uma maior quantidade de nutrientes, especialmente o fósforo. Este trabalho tem por objetivo avaliar a relação entre porcentagem e intensidade de colonização do córtex radicular com a absorção de fósforo. Usou-se os resultados de três experimentos desenvolvidos no Departamento de Solos da Universidade Federal de Santa Maria, no período de 1989 a 1992. No primeiro, usou-se cinco níveis de calagem representados por valores de pH (4,6; 5,0; 5,5; 6,1 e 6,6) e duas doses de P₂O₅ (0 e 20mg/kg); no segundo, os mesmos valores de pH e quatro doses de P₂O₅ (0, 20, 50 e 70mg/kg) e no terceiro, dois valores de pH (4,6 e 6,1) e três doses de P₂O₅ (50, 150 e 250mg/kg). Em todos os experimentos usaram-se três níveis de micorrização (solo fumigado, solo fumigado + esporos de fungos micorrízicos arbusculares (fMA) nativos e solo natural) e pensacola como planta hospedeira. Avaliou-se o fósforo absorvido pela parte aérea, a porcentagem e intensidade de colonização. Na avaliação da intensidade levou-se em consideração a presença de hifas internas e arbúsculos, atribuindo-se notas de 1 a 5. O córtex apresentou-se densamente colonizado pelas estruturas fúngicas em

condições de solo ácido e com baixa disponibilidade de fósforo, coincidindo com as maiores absorções de fósforo. Em todos os experimentos e tratamentos a intensidade mostrou-se ser um parâmetro confiável na predição de absorção de fósforo pela pensacola.

Palavras-chave: micorrizas arbusculares, fósforo, intensidade de colonização

SUMMARY

Plants colonized by mycorrhizal fungi are able to uptake more nutrients, especially phosphorus, than those without colonization due to the increase in the uptake area. The objective of this study was to evaluate the rate and the intensity of mycorrhizal colonization in *Paspalum notatum* roots and their correlation with P uptake. The data were obtained from three different experiment carried out in a greenhouse at Federal University of Santa Maria (Brazil), from 1989 to 1992. The treatments consisted of rates of P, pH levels and different treatment of inoculation (with and without fumigation, and fumigation plus indigenous MA fungi). It was used the number of internal hyphae and arbuscules, in a range of 1 to 5, to characterize the intensity

¹Engenheiro Agrônomo, MSc, Professor Assistente, Departamento de Solos, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), RS,97119-900 - Santa Maria, RS, Bolsista do CNPq. Autor para correspondência.

²Engenheiro Agrônomo, Dr., Professor Titular, Departamento de Solos, UFSM, Bolsista do CNPq.

of mycorrhizal colonization. It was observed the greatest uptake of P and high colonization of the cortex under conditions of high soil acidity and low P availability. In all experiment and treatment the intensity of colonization was efficient to predict P uptake.

Key words: arbuscular mycorrhizal, phosphorus, colonization, intensity.

INTRODUÇÃO

A colonização micorrízica (CM) é o parâmetro normalmente utilizado para avaliar o estabelecimento da simbiose mutualística entre os fungos micorrízicos arbusculares (fMA) e plantas superiores. No entanto, nem sempre a CM se correlaciona com a expressão fenológica do hospedeiro, quer na acumulação de massa seca e/ou na absorção de fósforo. Isto provavelmente ocorra por não se considerar as trocas metabólicas fungo-hospedeiro (SMITH & GIANINAZZE-PEARSON, 1988), o potencial de produção de hifas extramatriciais do fungo, que aumenta a área de absorção de nutrientes das raízes das plantas (MOSSE, 1972) e as próprias condições edáficas que dificultam ou facilitam o estabelecimento e o funcionamento da simbiose (KUCEY & PAUL, 1982).

Geralmente quando a correlação CM e absorção de fósforo é positiva, infere-se que a colonização das raízes pelo fungo está associada com a produção de micélio externo (SANDERS & SHEIKH, 1983; CAMEL et al., 1991), porém, em muitos casos se tem observado que existe ampla variação na quantidade de hifas externas para valores similares de CM (ABBOTT & ROBSON, 1984; SYLVIA, 1988). Nestes casos, as hifas externas só seriam emitidas quando houvesse uma grande quantidade de biomassa interna pois a ausência de correlação entre CM e crescimento das hifas, evidencia variações na biomassa externa (GRAHAN et al., 1982). A biomassa externa pode ser medida por diferentes técnicas, mas todas de difícil adaptação para análise de rotina.

O desenvolvimento do fungo dentro da raiz é importante parâmetro para determinar a superfície de transferência entre o fungo e o hospedeiro. As células do córtex radicular colonizadas são invadidas por ramificações terminais das hifas internas, os arbúsculos, produzindo a interface por onde ocorrem as trocas da associação mutualística (SMITH & GIANINAZZI-PEARSON, 1988). Os arbúsculos são abastecidos pelas hifas extramatriciais que provêm o fungo para a interação com o hospedeiro. Assim, ABBOTT & ROBSON (1985) destacam que a CM que melhor se correlacionou com o crescimento do hospedeiro foi aquela associada a uma intensidade superior a 50% de células corticais contendo arbúsculos, e esta sofreu amplas variações entre as espécies de fungo em estudo.

TOTH et al. (1991) desenvolveram um modelo para estimar a biomassa fúngica considerando o raio médio radicular, a CM, a densidade das estruturas fúngicas internas a fração do volume de raízes colonizadas ocupada pelo fungo. No entanto, como a produção das estruturas fúngicas internas e externas ocorrem após a colonização do córtex, é possível que hajam amplas variações daquela biomassa sem grandes alterações da CM, por isso este modelo pode não se adequar a CM muito altas ou muito baixas.

Deste modo, observações visuais da densidade de hifas dentro do córtex e da presença de arbúsculos podem complementar a CM na avaliação da atividade da simbiose micorrízica. Por isso, tentou-se correlacionar a intensidade de colonização micorrízica (ICM) do córtex radicular com a absorção de fósforo pelo hospedeiro.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados analisados foram obtidos em três experimentos desenvolvidos em casa de vegetação no Departamento de Solos da Universidade Federal de Santa Maria. Em todos, utilizaram-se vasos contendo 3kg de solo podzólico vermelho-amarelo, textura arenosa/argilosa e pensacola (*Paspalum notatum* Flugge var. *saurea*) como planta hospedeira. A amostra de solo foi dividida em três porções, duas delas foram fumigadas com brometo de metila (10ml/35kg de solo) e a outra permaneceu como controle de fumigação (solo natural). Numa das porções fumigadas cultivou-se a pensacola sem a reposição dos fMA e na outra, uma população de fMA foi repostada pela inoculação no sulco de semeadura com ± 500 esporos via solução aquosa, cujas espécies predominantes foram *Glomus fasciculatum* (Gerderman & Trappe), *Acaulospora bireticulata* (Rothwell & Trappe) e *Scutellospora heterogama* (Walker & Sanders).

No primeiro experimento testou-se cinco níveis de calagem, representados por valores de pH do solo (4,6; 5,0; 5,5; 6,1 e 6,6) e duas doses de fósforo (zero e 20mg de P_2O_5 /kg de solo). No segundo, os mesmos valores de pH e quatro doses de fósforo (zero, 20, 50 e 70mg de P_2O_5 /kg de solo) e no terceiro, dois valores de pH (4,6 e 6,1) e três doses de fósforo (50, 150 e 250mg de P_2O_5 /kg de solo). No primeiro e segundo experimentos colheu-se a pensacola no início do florescimento e no terceiro efetuou-se duas coletas, uma no início do florescimento e a outra na frutificação. Todos os experimentos foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições.

A parte aérea da pensacola foi seca em estufa à 70°C, determinando-se a massa seca. Nesta avaliou-se o teor de fósforo após a digestão do tecido com H_2O_2 - H_2SO_4 (ADDLER & WILCOX, 1985). Com a produção de massa seca e o teor de fósforo calculou-se a absorção total de fósforo pela pensacola.

O sistema radicular foi separado do solo por peneiramento e uma sub-amostra foi cortada em segmento de 2-3cm e coloridas de acordo com KOSKE & GEMMA (1989) determinando-se a colonização micorrízica em placa quadriculada (GIOVANETTI & MOSSE, 1980). A intensidade de colonização do córtex foi determinada pela observação da densidade de hifas internas e presença de arbúsculos, em esteriomicroscópio com 40 aumentos e em microscópio, atribuindo-se notas de 1 a 5, assim avaliadas:

(1) inexistência de colonização; (2) 1 a 25% do volume de raízes ocupado pelas estruturas fúngicas, colonização escassa e poucos arbúsculos, somente pontos de entrada; (3) 26 a 50% do volume de raízes ocupado por estruturas fúngicas; (4) 51 a 75% do volume de raízes ocupado por estruturas fúngicas; (5) mais de 75% do volume de raízes ocupado por estruturas fúngicas, córtex densamente colonizado e com ampla produção de arbúsculos.

Os dados de CM foram transformados em arco seno $\sqrt{x/100}$ e juntamente com a ICM e a absorção de fósforo foram submetidos a análise de variância ao nível de 5% de significância. Efetuaram-se correlações lineares entre a CM e a absorção de fósforo e a ICM e a absorção de fósforo pela pensacola, selecionando-as pelo teste F a 5% de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se que a absorção de fósforo é influenciada pelas modificações de fertilidade do solo provocadas pela utilização de calcário e fósforo. Estes fatores edáficos afetaram sensivelmente o desenvolvimento desta gramínea forrageira, que apresenta tolerância a solos ácidos e é responsiva a adubação fosfatada, deste modo interferem na natureza da simbiose micorrízica. Em solo ácido com baixa disponibilidade de fósforo o córtex apresentou-se densamente colonizado e com ampla produção de arbúsculos, indicando simbiose ativa (RHEINHEIMER & KAMISNKI, 1994). Também, observou-se interação negativa entre calagem e fósforo, de modo que uma maior disponibilidade deste nutriente eliminou o efeito depressivo da elevação do pH do solo e até em doses maiores houve resposta a calagem em valores de pH acima de 6,0 (RHEINHEIMER et al., 1994; PESSOA et al., 1994). Assim, as correlações entre a CM e a ICM e a absorção de fósforo foram afetadas pela disponibilidade deste nutriente e serão discutidas separadamente.

No primeiro experimento sem a adição de fósforo, não houve correlação significativa entre a absorção de fósforo pela pensacola e a CM (Figura 1a), provavelmente porque as raízes apresentavam baixa ICM e assim não emitiram hifas extramatriciais, como destaca SYLVIA (1988). Assim, as correlações entre a ICM e o fósforo absorvido tornaram-se mais realísticas e foram significativas para ambas as doses de fósforo adicionado (Figura 1b).

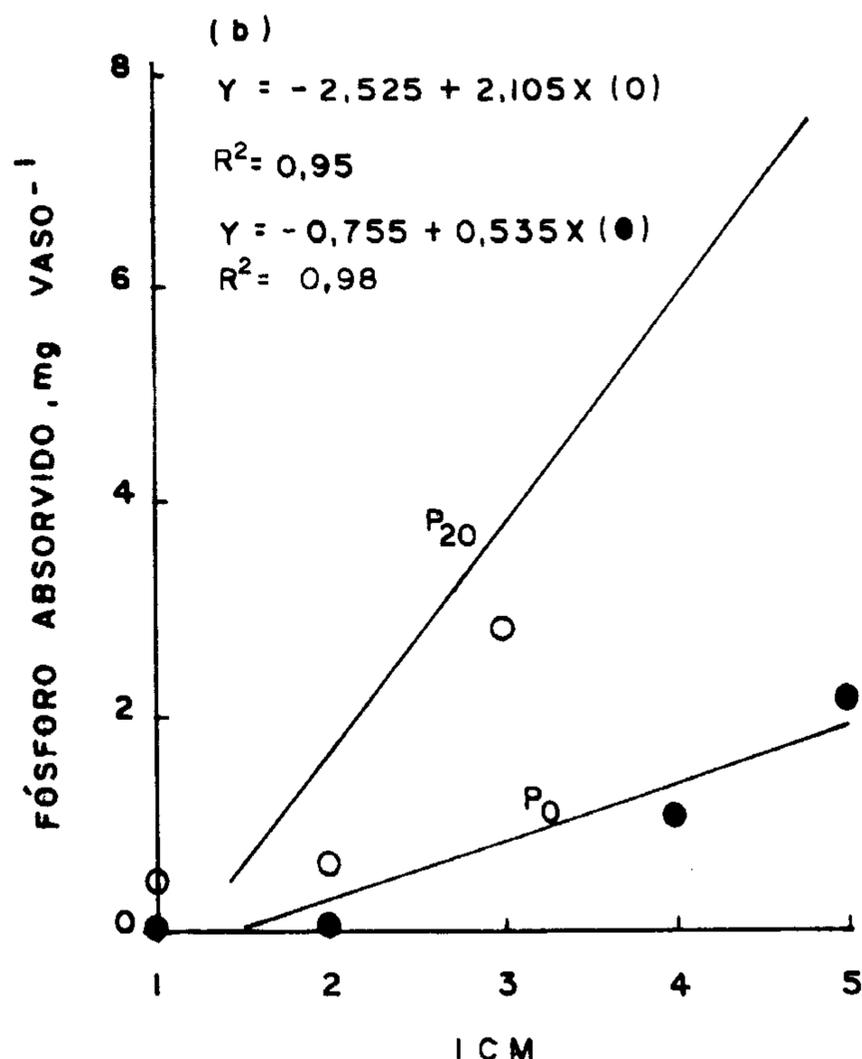
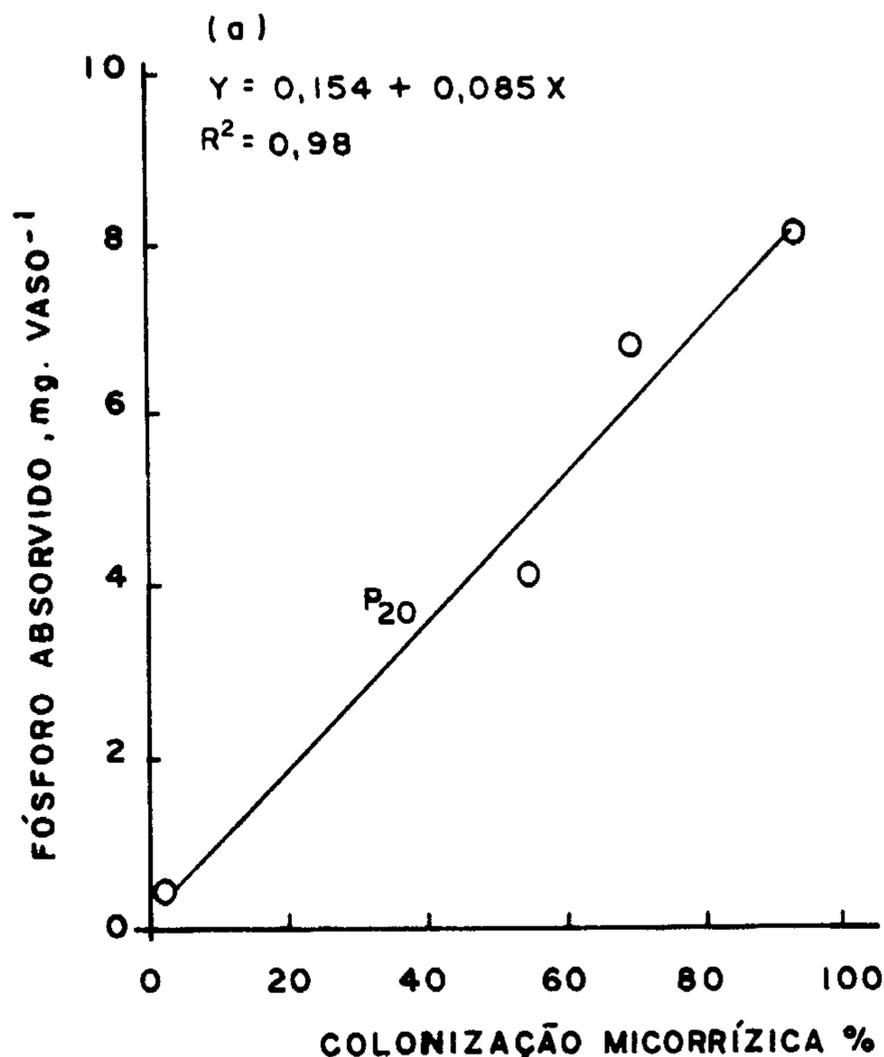


Figura 1. Relação entre a colonização micorrízica (a) e a intensidade de colonização micorrízica (b) com o fósforo absorvido pela pensacola para o primeiro experimento. Média de quatro repetições. Santa Maria, 1993. (P₀ e P₂₀, zero e 20 mg de P₂O₅/kg).

No segundo experimento, observou-se correlações significativas entre a CM e a absorção de fósforo somente para doses maiores de adição de fósforo (Figura 2a). A melhora na estimativa da absorção de fósforo obtida com a CM foi proporcionada pela maior disponibilidade de fósforo, o que permitiu um melhor desenvolvimento da pensacola e conseqüentemente maior crescimento do fungo no sistema radicular e maior atividade simbiótica. Neste experimento, a ICM apresentou maior correlação, mesmo para solos com baixo fósforo disponível (Figura 2b).

No terceiro experimento, para a colheita no estágio de florescimento, não houve correlação entre a CM e a absorção de fósforo. Novamente a ICM apresentou maior correlação com a absorção de fósforo pela pensacola, inclusive para doses elevadas de adição de fósforo (Figura 3). A significância desta correlação, corrobora com RHEINHEIMER (1991) de que o início do florescimento é o período de grande demanda de nutriente pela pensacola e onde ocorre a maximização da atividade simbiótica. No estágio de frutificação da pensacola (Figura 4), a presença do fungo no

sistema radicular não representa mais a capacidade de absorção de fósforo, pois a planta já está entrando na fase de reprodução, porém nas doses menores de fósforo (P50) observou-se atraso na frutificação da pensacola, mantendo-se na fase de demanda por fósforo e, provavelmente, por isso os coeficientes de determinação permaneceram significativos, tanto para ICM como para CM.

Em espécies com dependência micorrízica similar a da pensacola, observações da intensidade da ocorrência das estruturas fúngicas no interior das células, a ICM, torna-se um importante parâmetro para auxiliar a interpretação dos resultados da eficiência da simbiose micorrízica.

CONCLUSÕES

A intensidade de colonização micorrízica, avaliada através de notas de 1 a 5, mostrou-se ser um parâmetro da absorção de fósforo pela pensacola colonizada por fMA confiável na predição;

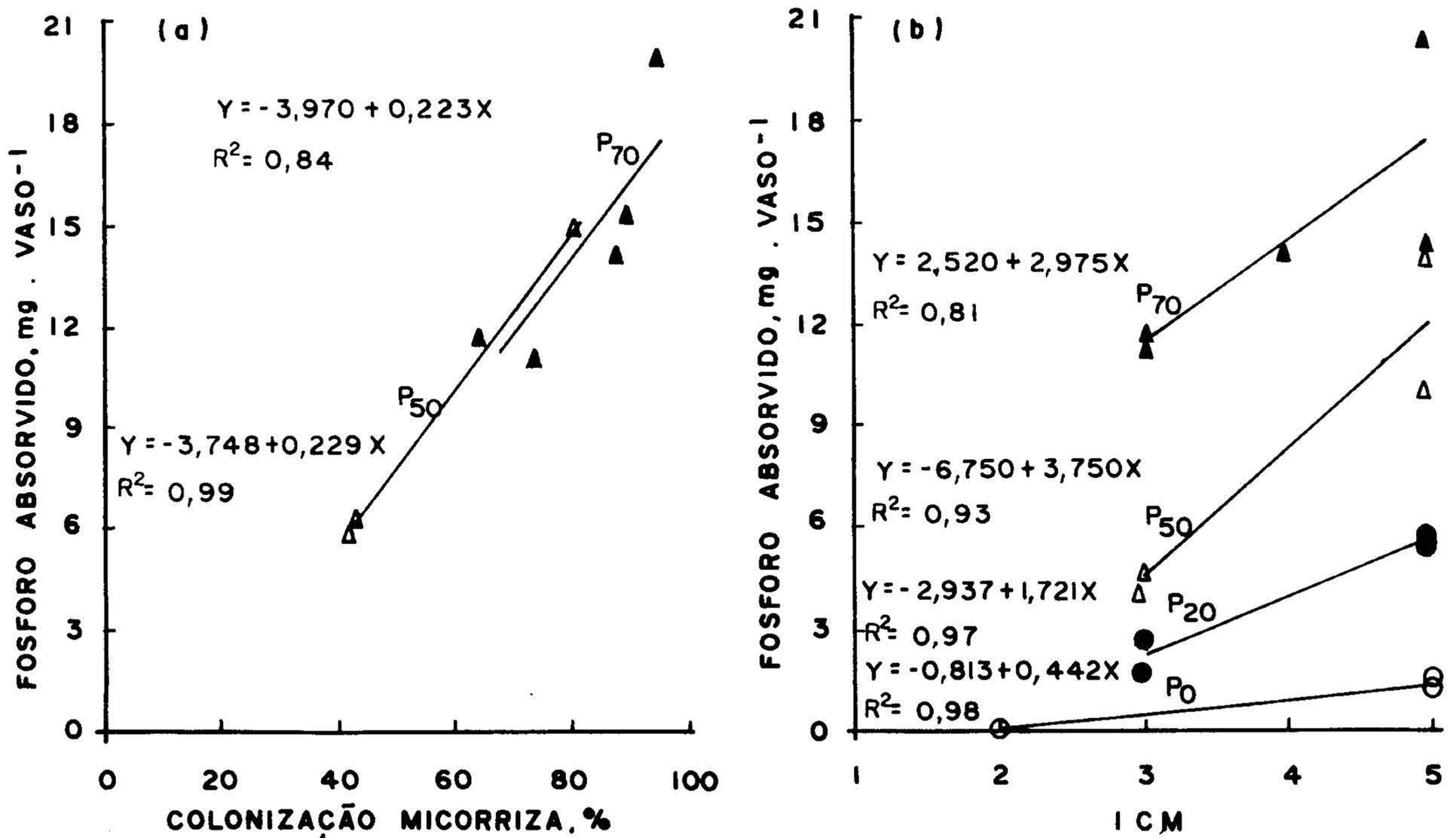


Figura 2. Relação entre a colonização micorrízica (a) e a intensidade de colonização micorrízica (b) com o fósforo absorvido pela pensacola para o segundo experimento. Média de quatro repetições. Santa Maria, 1993. (P₀, P₂₀, P₅₀ e P₇₀, zero, 20, 50 e 70mg de P₂O₅/kg).

A adição de fósforo afeta a correlação entre a porcentagem e a intensidade de colonização micorrízica com o fósforo absorvido pela pensacola.

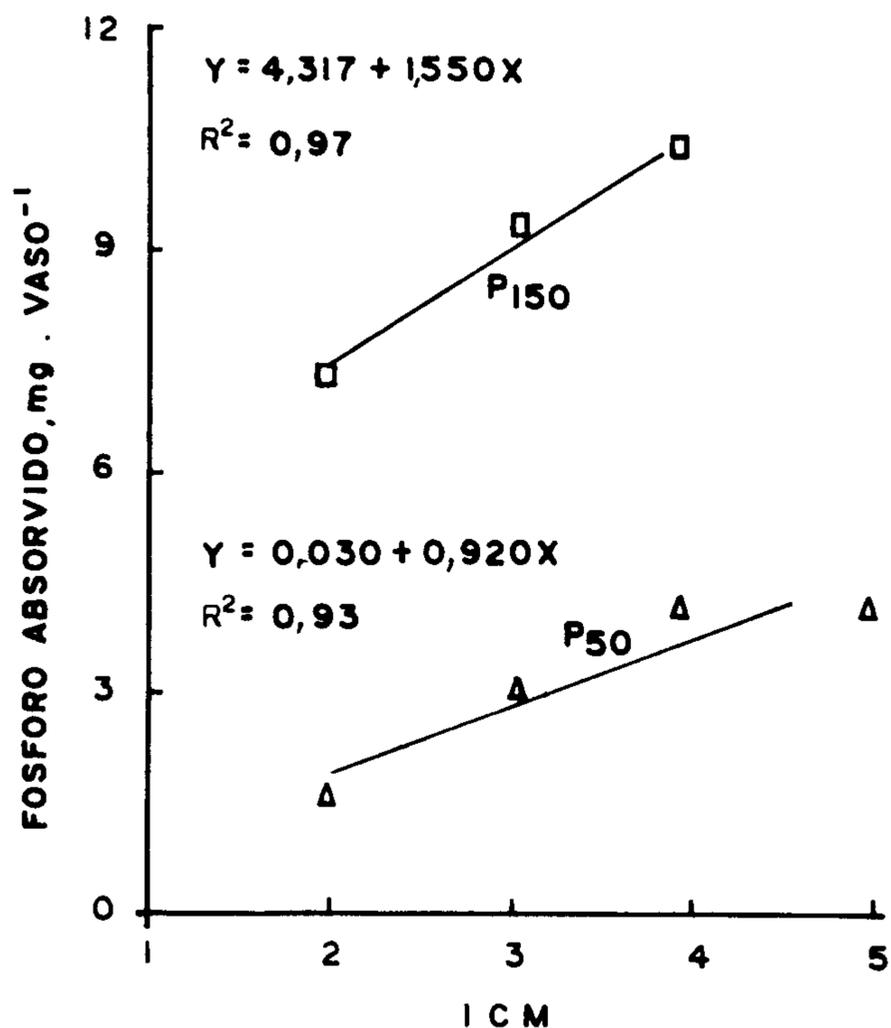


Figura 3. Relação entre a intensidade de colonização micorrízica e o fósforo absorvido pela pensacola para o terceiro experimento, início do florescimento. Média de quatro repetições. Santa Maria, 1993. (P₅₀ e P₁₅₀, 50 e 150mg de P₂O₅/kg).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBOTT, L.K., ROBSON, A.D. The effect of MA on plant growth. In: POWELL, C.L., BAGYARAJ, D.J. VA *Mycorrhizas*. UNISCIENCE, CRC Press-Florida, 1984. p. 113-130.

ABBOTT, L.K., ROBSON, A.D. Formation of external hyphae in soil by four species of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *New Phytol*, Oxford, v. 99, p. 245-255, 1985.

ADDLER, P.R., WILCOX, G.E. Rapid perchloric acid digest methods for analysis of major elements in plant tissue. *Commun Soil Sci Plant Anal*, v. 16, n. 11, p. 1153-1163, 1985.

CAMEL, S.B., REYES-SOLIS, M.G., FERREIRA-CERRATO, R. Growth of vesicular arbuscular mycorrhizal through bulk soil. *Soil Sci Soc Am J*, Madison, v.55, p.389-393, 1991.

GIOVANNETTI, M., MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New Phytol*, Oxford, v. 84, p. 489-500, 1980.

GRAHAM, J.H., LEONARD, R.T., MENGE, J.A. Development of external hyphae by different isolates of mycorrhizal *Glomus* sp. in relation to root colonization and growth of troyer citrange. *New Phytol*, Oxford, v. 91, p. 183-189, 1982.

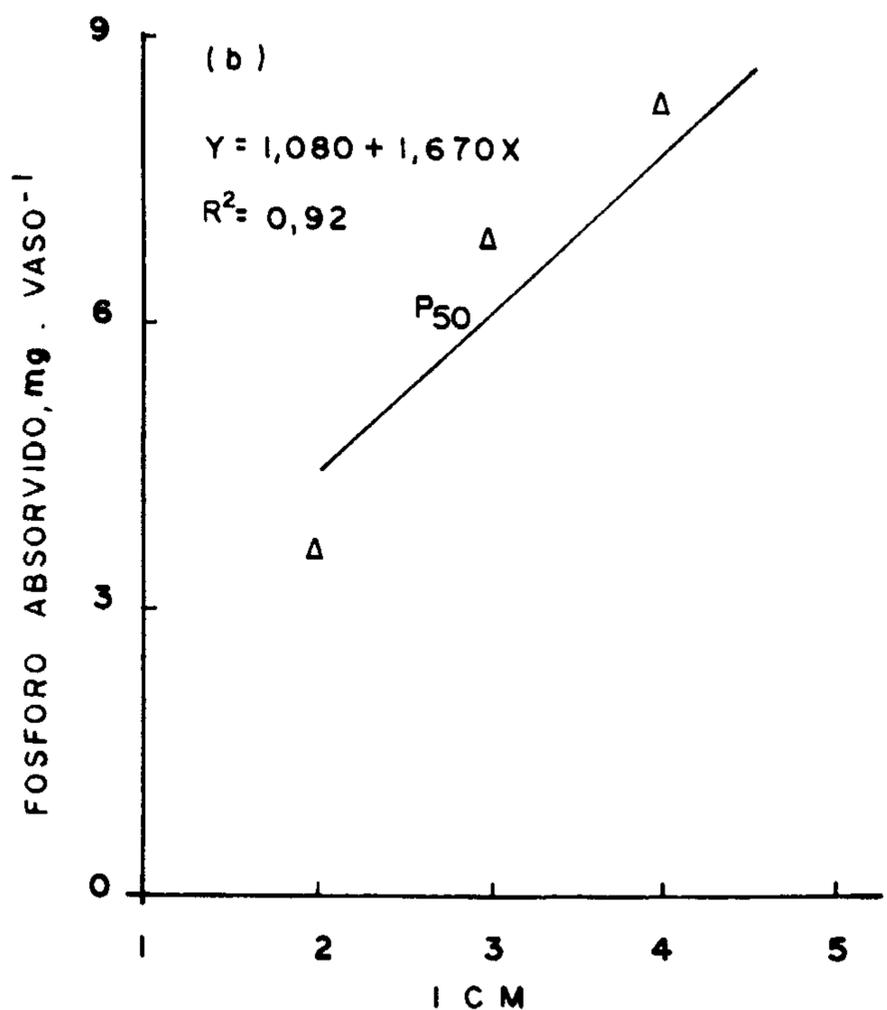
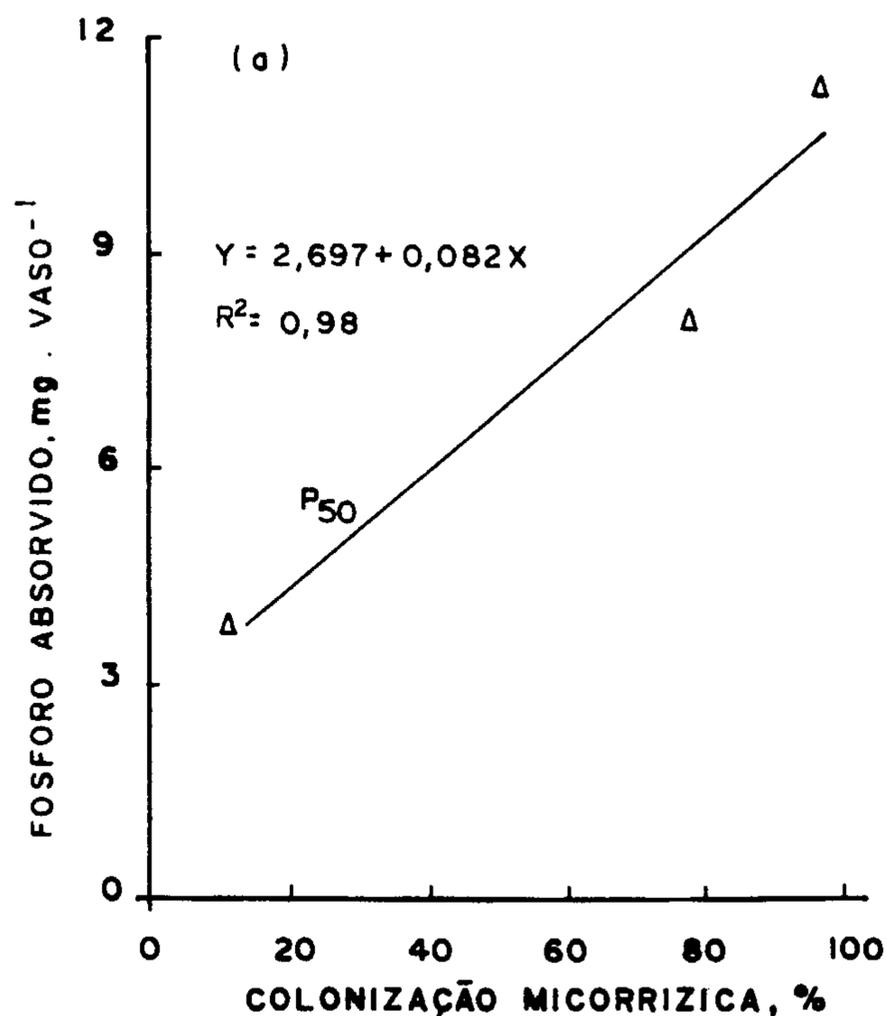


Figura 4. Relação entre a colonização micorrízica (a) e a intensidade de colonização micorrízica (b) com o fósforo absorvido pela pensacola para o terceiro experimento, frutificação. Média de quatro repetições. Santa Maria, 1993. (P₅₀, 50mg de P₂O₅/kg).

- KOSKE, R.E., GEMMA, J.N. A modified procedure for staining roots to detect VA mycorrhizas. *Mycol Res*, v.14, p. 486-505, 1989.
- KUCEY, R.M.N., PAUL., E.A. Biomass of mycorrhizal fungi associated with bean roots. *Soil Biol Biochem*, Oxford, v. 14, p. 413-414, 1982.
- MOSSE, B. Effects of different *Endogone* strains on the growth of *Paspalum notatum*. *Nature*, London, v. 239, p. 221-223, 1972.
- PESSOA, A.C.S., KAMINSKI, J., CASSOL., L.C., et al. Efeito do calcário, do fósforo e do zinco no rendimento de pensacola. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.21, n.1, p.35-39, 1994.
- RHEINHEIMER, D.S. **Comportamento de fungos micorrízicos vesicular-arbuscular nativos em pensacola com diferentes pH do solo.** Santa Maria, 1991. 69 p. Tese (Mestrado em Agronomia) - Curso de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, 1991.
- RHEINHEIMER, D.S., KAMINSKI, J. Resposta do capim-pensacola a adubação fosfatada e à micorrização em solo com diferentes pH. *Rev Bras Ci Solo*, Campinas, v. 18, n. 2, p. 201-205, 1994.
- RHEINHEIMER, D.S., KAMINSKI, J., CASSOL., L.C., et al. Efeito do cultivo sucessivo e inoculação com fungos micorrízicos no crescimento e nutrição do capim-pensacola. *Rev Bras Ci Solo*, Campinas, 1994 (no prelo).
- SANDERS, F.E., SHEIKH, N.A. The development of vesicular arbuscular mycorrhizal infection in plant root-system. *Plant and Soil*, The Hague, v. 71, p. 223-246, 1983.
- SMITH, S.E., GIANINAZZI-PEARSON, V. Physiological interactions between symbionts in vesicular-arbuscular mycorrhizal plants. *Ann Rev Plant Physiol Plant Mol Biol*, Palo Alto, v. 39, p. 221-244, 1988.
- SYLVIA, D.M. Activity of external hyphae of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *Soil Biol Biochem*, Oxford, v. 20, n. 1, p. 39-43, 1988.
- TOTH, R., MILLER, M.R. JARSTFER, A.G., et al. The calculation of intraradical fungal biomass from percent colonization in vesicular-arbuscular mycorrhizae. *Mycologia*, New York, v. 83, n. 5, p. 553-558, 1991.