

FUNGO MICORRÍZICO E SUPERFOSFATO NO CRESCIMENTO DE ESPÉCIES ARBÓREAS TROPICAIS.

Mycorrhizal fungi and superphosphate on growth of tropical woody species.

Marco Aurélio Carbone Carneiro ; José Oswaldo Siqueira
Antonio Claudio Davide ; Laura Jane Gomes
Nilton Curi ; Fabiano Ribeiro do Vale

RESUMO: Avaliaram-se a micorrização e dependência micorrízica, crescimento inicial e teores de nutrientes de trinta e uma espécies arbóreas, sob a influência de superfosfato simples (P) e de fungos micorrízicos arbusculares *Glomus etunicatum* Becker & Gerdemann e *Gigaspora margarita* Becker & Hall (M). O estudo foi desenvolvido em casa de vegetação no Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras - UFLA (MG), de outubro de 1992 a março de 1993, em sacos plásticos com 1 kg de substrato desinfestado. Sementes pré-germinadas foram repicadas para substrato, contendo os tratamentos e deixadas crescer por 120 dias. A maioria das espécies apresentou colonização micorrízica superior a 20 %, sendo esta ausente em apenas guatambu (*Aspidosperma parvifolium* A.DC.), pinha do brejo (*Talauma ovata* St. Hil), tento (*Ormosia arborea* (Vell) Harms), jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) e angico amarelo (*Pelthoporum dubium* (Spreng) Taub.). A dependência micorrízica variou muito entre as espécies, sendo influenciada pela adição de P, ao contrário da colonização, que não foi afetada pelo P. Apenas jatobá (*Hymenaea courbaril* L.), pinha do brejo (*Talauma ovata* St. Hil), óleo copaíba (*Copaifera langsdorffii* Desf), paineira (*Ceiba speciosa* (A. ST-Hil.) Gibbs & Semir) e bauhinia (*Bauhinia* sp L.) não apresentaram dependência micorrízica. A adição conjunta de MP, exibiu efeito sinérgico para várias espécies e aumentou a produção de matéria da parte aérea seca, em até 30500 %. As espécies foram categorizadas quanto à responsividade a MP, sendo encontradas oito altamente responsivas (> 1000 % sobre o controle), seis muito responsivas (1000 - 500 %), oito responsivas (500- 100 %), seis pouco responsivas (< 100 %) e três não responsivas (sem efeito significativo do MP em relação ao controle). Os teores de P, Ca e S foram os mais favorecidos pelos tratamentos, sendo o sinérgismo do MP no crescimento relacionado à maior absorção de P pelas plantas micorrizadas. A importância dos fungos micorrízicos e da adição de superfosfato simples para o crescimento inicial da grande maioria (90%) das espécies estudadas, foi evidenciada, indicando uma possível influência na regeneração de florestas em solos de baixa fertilidade.

PALAVRAS-CHAVE: Fungos micorrízicos, Superfosfato, Espécies nativas, Reflorestamento, Mudanças.

ABSTRACT: The effects of inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi *Glomus etunicatum* Becker & Gerdemann plus *Gigaspora margarita* Becker & Hall (M) and superphosphate (P)



application on initial growth of seedling of thirty-one woody species were assessed under greenhouse conditions at the Department of Soil Science of UFLA - Lavras (MG) in a desinfested nursery soil-mix. The majority of plant species showed mycorrhizal colonization greater than 20 %. Colonization was absent only in guatambu (*Aspidosperma parvifolium* A.DC.), pinha do brejo (*Talauma ovata* St. Hil), tento (*Ormosia arborea* (Vell) Harms), jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) and angico amarelo (*Pelthoporum dubium* (Spreng) Taub.). Twenty eight out of the thirty-one species showed growth enhancement due to co-application of M and P and growth enhancement was as high as 30500 % over controls. The most responsive species were açoita cavalo (*Luehea grandiflora* Mart & Zucc), trema (*Trema micrantha* blume) and aroeirinha (*Schinus terebinthifolius* Raddi). Species exhibiting low-responsiveness to MP, showed no mycorrhizal dependency. Their response to MP was due to the effects of superphosphate on nutrition improvement, mainly Ca and S, where as those species exhibiting high-responsiveness responded equally to M and P. Tissue nutrient concentrations varied considerably among species and were influenced by both M inoculation and P application. These results indicate the high degree of mycotrophy of most woody species studied and provide evidence for initial growth of the importance of the M and P for native woody species and therefore for forest regeneration in low fertility soils.

KEYWORDS: Micorrizal Fungi, Superphosphate, Native Species, Reforestation, Nursery, Seedlings.

INTRODUÇÃO

Como se verifica em várias partes do mundo, as florestas do sudeste brasileiro, incluindo áreas de nascente de água e matas ciliares, sofreram grande devastação nas últimas décadas. Isto tem trazido conseqüências ecológicas e ambientais bastante visíveis, as quais geraram ações dos diversos setores da sociedade, visando a preservação do que resta e a busca do desenvolvimento de tecnologia para a revegetação, com espécies nativas, das áreas de empréstimo alteradas pela construção de reservatórios das usinas hidrelétricas, degradadas pela mineração ou pela construção civil e daquelas devastadas para fins agrícolas, hoje com solos degradados pela exaustão dos nutrientes e pela erosão do solo.

A sucessão florestal em áreas degradadas é extremamente limitada e altamente imprevisível (Jordan, 1991) devido, principalmente, à ausência de banco de sementes e à baixa fertilidade do solo, havendo a necessidade de se praticar o florestamento artificial, com espécies nativas ou exóticas apropriadas. No processo de florestamento, dois componentes são essenciais: o

ambiente edáfico, representado especialmente pelo solo e espécies arbóreas selecionadas ou disponíveis. Assim, a unidade básica do florestamento artificial é a árvore individual, sobre a qual exigem-se conhecimentos sobre seus requerimentos ambientais e nutricionais, desde a formação das mudas até seu desenvolvimento a campo (Gomez-Pompa & Burley, 1991). O solo é essencial para garantir o estabelecimento da floresta, pois além de servir de suporte físico, garante através do ciclo hidrológico e dos processos biológicos e bioquímicos, o fluxo de água, nutrientes e energia, permite o estabelecimento de relações ecológicas diversas, importantes para a biodiversidade da vida macro e microscópica do ecossistema (Siqueira et al., 1994).

Dentre as diversas relações biológicas existentes, destaca-se a simbiose micorrízica, que constitui a regra e não a exceção na natureza, existindo vários tipos de micorrizas (Harley & Smith, 1983). As micorrizas arbusculares (MAs), que são cosmopolitas, são o tipo predominante nas espécies vegetais e de maior importância nos



ecossistemas tropicais (Janos, 1983; Alexander *et al.*, 1992; Hogberg, 1982). Formadas por fungos da ordem Glomales (Zigomicotina), seus benefícios para a planta hospedeira dependem das condições de crescimento e da dependência micotrófica da planta (Siqueira, 1990), as quais são controlados por fatores diversos tais como: características do sistema radicular e exigências nutricionais (Koide, 1991; Siqueira, 1994). Embora as MAs sejam de ocorrência generalizada nos ecossistemas tropicais (Redhead, 1980; Schenck & Siqueira, 1987; Lodge, 1987; Hogberg, 1982; Siqueira & Franco, 1988), pouco se conhece de seus benefícios para funcionalidade e estabilidade dos ecossistemas não perturbados e da essencialidade ou benefícios desta simbiose para crescimento de espécies vegetais que compõem o ecossistema.

Diversos estudos evidenciam os benefícios da MAs para uma variedade imensa de plantas cultivadas e não cultivadas, incluindo espécies arbóreas tropicais (Janos, 1980; Michelsen & Rosendahl, 1990; Habte & Turk, 1991). Por exemplo, mudas de *Liquidambar styraciflua*, uma espécie arbórea de ocorrência generalizada no sudeste dos Estados Unidos, apresentam dependência micorrízica obrigatória para crescimento (Kormanik *et al.*, 1977) e espera-se que várias espécies arbóreas tropicais se comportem assim. Além dos efeitos no crescimento inicial e na qualidade das mudas (Schultz *et al.*, 1981; Janos, 1980), evidências indicam que a colonização micorrízica afeta as futuras fases sucessionais das espécies (Herrera *et al.*, 1991) e a estruturação das comunidades vegetais (Miller & Jastrow, 1992; Janos, 1983). Desse modo, as MAs são importantes para o florestamento artificial (Perry *et al.*, 1987), especialmente em solos de baixa fertilidade, onde elas poderão reduzir os requerimentos externos de nutrientes das espécies, os custos de implantação e garantir a sucessão vegetal no ecossistema em restauração (Janos, 1983; Jasper, 1994; Siqueira *et al.*, 1994).

Assim avaliaram-se a colonização micorrízica e os efeitos desta e da adição de superfosfato no

crescimento de mudas de trinta e uma espécies arbóreas, a maioria nativas e de interesse ecológico e ambiental para o sudeste brasileiro.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido em condições de casa de vegetação no Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras - MG. Foram utilizados sacos plásticos contendo 1,0 kg de substrato, composto de uma mistura de terra de barranco e casca de arroz carbonizada na proporção 13:2 (v/v), suplementada ou não com $150 \text{ g.kg}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$. O substrato apresentou em média pH (água) 4,8; $\text{K} = 90 \text{ mg.kg}^{-1}$, $\text{Mg} = 2 \text{ mmol.kg}^{-1}$ e $\text{Al} = 3 \text{ mmol.kg}^{-1}$. Os teores de P foram 2,0 e 20 mg.kg^{-1} e de Ca 3 e 12 mmol.kg^{-1} para substrato sem e com a adição de superfosfato simples, respectivamente. O substrato foi fumigado com Bromex (brometo de metila 98% + cloropicrina 2%), aplicando-se $393 \text{ cm}^3/\text{m}^3$ de substrato, antes de encher os sacos.

O experimento constou de trinta e uma espécies arbóreas (tabela 1), sendo que para cada espécie foram aplicados quatro tratamentos: controle (C), inoculação de fungos micorrízicos (M), adição de superfosfato simples (P) e aplicação conjunta de M e superfosfato simples (PM), em delineamento inteiramente casualizado, com dez repetições. Cada parcela experimental foi constituída por um saco com 1 kg de substrato e uma planta. Para obtenção das plântulas, as sementes foram desinfetadas com formol 2% por cinco minutos, lavando-as com água destilada, germinadas em Gerbox, contendo hipoclorito de sódio 0,2%, em estufa com temperatura e umidade controladas (25°C e 40% umidade relativa). Sementes pré-germinadas, com início de formação de radículas, foram repicadas para os sacos, contendo substrato com os tratamentos. No ato da repicagem procedeu-se à inoculação com fungos MAs e rizóbio, este último apenas para as espécies



nodulíferas, utilizando-se inoculante à base de turfa, fornecido pelo CNPAB/EMBRAPA - Seropédica - RJ. O inoculante micorrízico consistiu de mistura de *Glomus etunicatum* Becker & Gerdemann e *Gigaspora margarita* Becker & Hall, obtidos de vasos de cultivo com *Brachiaria decumbens* Staft em solo esterilizado. Utilizou-se como inóculo, 10 ml de solo infestado por sacola, fornecendo aproximadamente 347 esporos de *G. margarita* e 73 esporos de *G. etunicatum*, além de fragmentos de hifas e raízes colonizadas, que também atuam como propágulos. Visando

manter um equilíbrio da microbiota entre os tratamentos, adicionaram-se aos tratamentos sem MAs, 10 ml por saco de um filtrado do inoculante micorrízico, isento de propágulos de fungos MAs. A densidade de esporos foi avaliada por peneiramento via úmido (Gerdemann & Nicolson, 1963), e purificados através de centrifugações a 2000 rpm, sendo uma em água e outra em sacarose 50%, durante 3 e 2 minutos, respectivamente. Após a extração, os esporos foram lavados em água corrente e contados em microscópio estereoscópio (40x).

Tabela 1:
Identificação e características ecológicas das espécies florestais estudadas.

Identification and ecological characteristics of the forest woody species studied.

Nome comum	Nome Científico	Família/Subfamília	Origem
Trema	<i>Trema micrantha</i> Blume	Ulmaceae	Nativa
Aroeirinha	<i>Schinus erebinthifolius</i> Raddi	Anacardiaceae	Nativa
Ipê-mirim	<i>Stenolobium stans</i> (Jun.) Seem.	Bignoniaceae	Nativa
Cassia verrugosa	<i>Senna multijuga</i> (L.C.Rich.) I.& B.	Caesalpinioideae	Nativa
Açoita cavalo	<i>Luehea</i> sp	Tiliaceae	Nativa
Fedegoso	<i>Senna macranthera</i> (Collad) I.& B.	Caesalpinioideae	Nativa
Jacarandá mimoso	<i>Jacaranda mimosaeifolia</i> D. Don.	Bignoniaceae	Nativa
Cassia carnaval	<i>Senna spectabilis</i> (DC) I.& B.	Caesalpinioideae	Nativa
Angico do cerrado	<i>Anadenanthera falcata</i> Benth.	Mimosoideae	Nativa
Cassia rosa	<i>Cassia grandis</i> L.	Caesalpinioideae	Nativa
Uva do Japão	<i>Hovenia dulcis</i> Thumb.	Rhamnaceae	Exótica
Albícia	<i>Albizia lebbek</i> (L.) Benth.	Mimosoideae	Exótica
Bauhinia	<i>Bauhinia</i> sp L.	Caesalpinioideae	Nativa
Guapuruvu	<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) Blake	Caesalpinioideae	Nativa
Jambolão	<i>Syzygium jambolanum</i> Lam.	Myrtaceae	Nativa
Pau ferro	<i>Caesalpinioideae ferrea</i> Mart.	Caesalpinioideae	Nativa
Angico amarelo	<i>Pelthoporum dubium</i> (Spreng) Taub.	Caesalpinioideae	Nativa
Sibipiruna	<i>Caesalpinioideae peltophoroides</i> Benth.	Caesalpinioideae	Nativa
Tento	<i>Adenanthera pavonina</i> L.	Mimosoideae	Exótica
Paineira	<i>Chorisia speciosa</i> St. hil.	Bombacaceae	Nativa
Óleo	<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	Caesalpinioideae	Nativa
Tipuana	<i>Tipuana tipu</i> (Benth.) O. Ktze.	Faboideae	Exótica
Saboneteira	<i>Sapindus saponaria</i> L.	Sapindaceae	Nativa
Guatambú	<i>Aspidosperma</i> sp M. Arg.	Apocynaceae	Nativa
Cedro	<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	Meliaceae	Nativa
Pau pereira	<i>Platycamus regnellii</i> Benth.	Faboideae	Nativa
Jatobá	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Caesalpinioideae	Nativa
Pinha do brejo	<i>Talauma ovata</i> St. Hil.	Magnoliaceae	Nativa
A. mangio	<i>Acacia mangium</i> L.	Mimosoideae	Exótica
Flamboyant	<i>Delonix regia</i> Raf.	Caesalpinioideae	Exótica
Leucena	<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	Mimosoideae	Exótica



O experimento foi conduzido por até 120 dias, dependendo do desenvolvimento de cada espécie, em casa de vegetação no período de novembro de 1992 a fevereiro de 1993, com umidade do substrato mantida a 60 % VTP. Avaliaram-se periodicamente o crescimento em altura e diâmetro do colo, determinou-se a massa seca da parte aérea, massa seca das raízes, colonização micorrízica e nodulação ao término do mesmo. Com a matéria seca da parte aérea determinou-se a dependência micorrízica das espécies, conforme Plenchette *et al.*, 1983. Com base nas respostas à MP para produção de matéria seca da parte aérea, as espécies foram categorizadas arbitrariamente em: altamente responsivas (> 1000% sobre controle), muito responsivas (1000 - 500%), responsivas (500 - 100%), pouco responsivas (< 100%) e não responsivas (sem efeito significativo). A colonização micorrízica foi avaliada pelo método da placa quadriculada (Giovannetti & Mosse, 1980) em amostras de um grama de raízes finas, clarificadas com KOH 10% e coloridas com fucsina ácida ou azul de tripano (Kormanik & McGraw, 1982).

A matéria seca das folhas foi moída em moinho tipo "Wiley", e utilizada para análises dos teores de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, B, Fe, Mn e Zn nos extratos dos tecidos (Hunter, 1975). Os teores de P foram determinados por colorimetria (azul de molibdênio), K por fotometria de chama, B e S por espectrofotometria, N por digestão com H₂SO₄, destilação e titulação com HCl e Ca, Mg, Cu, Zn e Fe por espectrofotometria de absorção atômica (Sarruge & Haag, 1974). Os dados foram submetidos à análise de variância, teste de médias e correlações pelo programa estatístico SANEST (Sarries *et al.*, 1992).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Colonização Micorrízica e Crescimento

Verificou-se ausência de colonização nas plantas não inoculadas (tratamentos C e P) e

nenhuma diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre plantas dos tratamentos M e MP, indicando que a aplicação de P no substrato não influenciou a colonização micorrízica das espécies.

Isto ocorreu devido ao fósforo no substrato não ter atingido níveis considerados inibitórios para espécies arbóreas, como relatado para o cafeeiro (Colozzi-Filho & Siqueira, 1986). Poucas espécies não apresentaram colonização e entre as espécies colonizadas apenas 9 (=29%) apresentaram menos de 20% de colonização, confirmando o alto grau de micotrofismo destas espécies, como também observado em plantas nativas em outras regiões tropicais (Janos, 1980; Hogberg, 1982; Lodge, 1987). Observaram-se estruturas típicas das MAs nas raízes de cassia verrugosa, pau pereira e óleo copaíba, mas a taxa de colonização não pode ser determinada pelo método empregado neste estudo. No guatambu, pinha do brejo, A. amarelo, tento e jatobá, não foi verificada evidência de colonização. No entanto a confirmação do caráter não micorrízico destas espécies requer avaliações anatômicas mais específicas, como em andamento neste laboratório. Espécies pertencentes a famílias com gêneros tipicamente ectomicorrízicos como *Luehea*, *Sapindus* e *Hovenia* (Harley & Smith, 1983) foram colonizadas por fungos micorrízicos arbusculares no presente estudo.

A dependência micorrízica (DM) calculada com base na matéria seca da parte aérea variou de 0 (sem dependência) a 99% (altamente dependente) na ausência de P, sendo que seis espécies, açoita cavalo, trema, aroeirinha, ipê-mirim, jacarandá mimoso e jambolão foram consideradas como altamente dependentes (figura 2) e praticamente não cresceram neste substrato (valores de DM próximos a 100%), quando não foram inoculadas. Ao contrário, outras, como jatobá, guapuruvu, pinha do brejo, óleo copaíba, paineira, bauhinia e flamboyant, não apresentaram dependência na ausência de P. Na presença de P, os valores de DM foram bastante diferentes, e algumas es-



- | | | | | | |
|--------------|------------------|-----------------|-----------------|------------------|--------------------|
| 1. Fedegoso | 6. C. rosa | 11. Leucena | 16. A. mangio | 21. A. cerrado | 26. O. copaíba |
| 2. J. mimoso | 7. A. cavalo | 12. Flamboyant | 17. Pau ferro | 22. Bauhinia | 27. Pinha do brejo |
| 3. Ipê-mirim | 8. Albizia | 13. Saboneteira | 18. Aroeirinha | 23. Guapuruvú | 28. A. amarelo |
| 4. Tipuana | 9. Jambolão | 14. Cedro | 19. Paineira | 24. C. verrugosa | 29. Tenta |
| 5. Trema | 10. Uva do Japão | 15. Sibipiruna | 20. C. carnaval | 25. Pau pereira | 30. Guatambú |
| | | | | | 31. Jatobá |

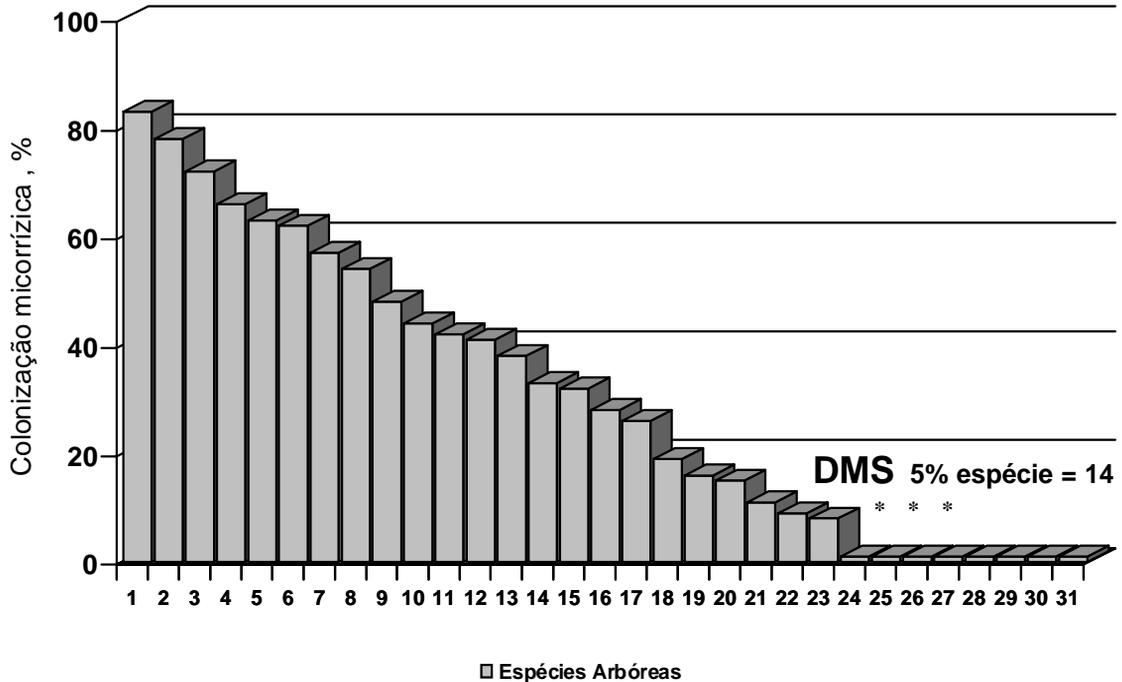


Figura 1:

Colonização micorrízica média das espécies nos tratamentos inoculados (M e MP). * Sinais de colonização, mas taxa não pode ser determinada.

*Mycorrhizal colonization of the species. * Roots with sign of colonization, but impossible to...*

pécies como a uva do Japão, cassia verrugosa, ipê-mirim, jambolão, angico amarelo, fedegoso, cassia rosa ainda mostraram elevada DM (95%). Outras espécies como trema, jacarandá mimoso, tipuana, albizia, cedro e angico do cerrado, apresentaram DM muito reduzida ou nula na presença de P. Os fatores que determinam a DM das plantas são inúmeros e estes atuam de modo interativo, dificultando a diferenciação entre resposta da planta à micorrização e sua dependência (Manjunath & Habte, 1991), existindo plantas muito responsivas, porém pouco dependentes como é o caso da trema. Para que estes conhecimentos possam ser empregados em tecnologia de revegetação

torna-se necessário distinguir a responsividade ao P da dependência micorrízica. A nodulação foi verificada em poucas espécies, sendo inexistente no tratamento controle (C) e máxima nas plantas com MP. Neste tratamento foram encontrados em média 8, 10, 27, 32 e 41 nódulos por planta no pau pereira, leucena, albizia, tipuana e A. mangio, respectivamente. Das doze espécies pertencentes à Caesalpinoideae, apenas as do gênero *Senna* exibiram elevada colonização micorrízica. De fato este grupo de plantas é de ocorrência generalizada nos solos intemperizados dos trópicos, raramente são nodulíferas e geralmente formam ectomicorrizas (Malloch et al., 1980; Sprent, 1994).

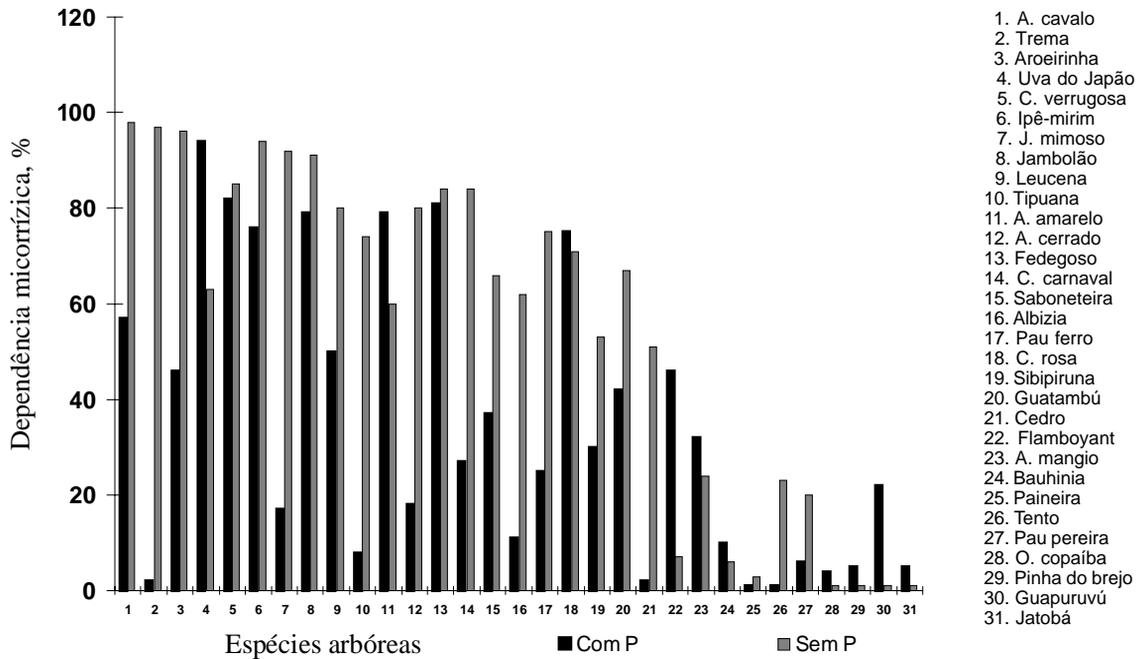


Figura 2:

Dependência micorrízica de espécies arbóreas em substrato com e sem superfosfato (P).

Mycorrhizal dependency of woody species as affected by addition of superphosphate (P) into the substrate.

Aos sessenta dias após a repicagem das mudas já eram verificadas diferenças no crescimento das espécies entre os tratamentos (dados não apresentados). O crescimento em altura não foi afetado em apenas nove das trinta e uma espécies. Ipê-mirim, açoita cavalo e a trema responderam à inoculação com M, enquanto acacia mangio, angico amarelo, jacarandá mimoso, sibipiruna, pau pereira, bauhinia, tipuana, saboneteira e aroeirinha responderam apenas à adição de P. Portanto, nesta fase maior número de espécies respondeu à adição de P do que de M e vinte espécies responderam à adição conjunta de MP. As respostas em diâmetro do colo foram semelhantes ao crescimento em altura, porém esta variável mostrou-se mais sensível aos tratamentos. Por exemplo, o diâmetro do colo do açoita cavalo aumentou em 2.130, 4.400 e 6.900 % pela aplicação de P, M e MP, respectivamente.

Os parâmetros de crescimento avaliados aos 120 dias, encontram-se na tabela 2. Para altura da planta, apenas o jatobá não mostrou respos-

ta significativa aos tratamentos, devendo este comportamento estar relacionado à reserva das semente desta espécie. Plantas de açoita cavalo, por exemplo, atingiram altura 10,5 vezes maior com MP do que no controle. Para produção de matéria seca de raízes, verifica-se que diversas espécies como açoita cavalo, ipê-mirim, angico amarelo, jacarandá mimoso, cassia carnaval, trema, aroeirinha, cassia verrugosa e uva do japão produziram pouca raiz no tratamento controle (tabela 2). Como este comportamento não foi verificado no tratamento MP, estas espécies teriam seu crescimento muito limitado e sua sobrevivência comprometida em solo ou substrato de baixa fertilidade. O diâmetro do colo da planta foi, também muito influenciado pelos tratamentos. De todas as espécies apenas acacia mangio, cedro, óleo copaíba, jatobá e pinha do brejo, não responderam à MP para crescimento em diâmetro, indicando a importância destes fatores, para o desenvolvimento inicial das mudas da maioria das espécies estudadas.



Tabela 2:

Características de crescimento e matéria seca de raízes das espécies nos diversos tratamentos (C = controle; M = fungo micorrízico; P = superfosfato; MP = adição conjunta M e P).

Plant growth and root dry matter of the species in the different treatments (C = control; M = mycorrhizal fungi; P = superphosphate and MP = co-application of M and P).

Nome comum	Diâmetro do colo, mm				Altura de planta, cm				Matéria seca de raiz, g			
	C	M	P	MP	C	M	P	MP	C	M	P	MP
Guapuruvu	0,66bc	0,63c	0,71ab	0,74a	21,7b	20,6b	26,3a	24,6a	1,58bc	1,40c	2,08ab	2,20a
A. mangio	2,58a	2,76a	3,08a	3,04a	11,5c	15,1b	15,1b	17,8a	0,17b	0,29b	0,51a	0,59a
Jambolão	1,53b	4,91a	2,07b	4,48a	7,2b	25,1a	9,6b	26,2a	0,22b	1,87a	0,42b	2,05a
A. cavalo	0,89d	4,64b	2,89c	6,20a	2,9b	27,3a	25,0a	30,4a	0,01c	0,90b	0,24c	1,57a
Tento	2,22b	2,36b	3,23a	2,94a	10,3c	10,9c	14,0a	12,4b	0,48b	0,63b	1,35a	1,09a
Ipê-mirim	1,26c	2,93a	2,34b	3,30a	2,8d	18,9b	8,7c	23,8a	0,01c	0,23ab	0,09bc	0,35a
A. amarelo	2,32b	2,65b	2,63b	4,04a	8,6c	9,6c	12,8b	17,9a	0,08b	0,18b	0,10b	0,57a
J. mimoso	2,03b	3,92a	4,28a	4,18a	3,7b	12,6a	12,9a	12,3a	0,05c	0,98b	1,29ab	1,48a
Sibipiruna	3,38c	4,37b	4,89ab	5,14a	8,4b	11,2ab	12,2a	11,0ab	0,84c	1,46b	2,37a	2,12a
Cedro	0,40a	0,43a	0,41a	0,43a	7,0b	8,6ab	10,0a	9,0ab	0,13a	0,17a	0,41a	0,21a
Albizia	2,30c	3,40b	2,84ab	4,53a	8,6b	11,0b	16,3a	16,2a	0,43b	1,26b	1,87ab	2,74a
Jatobá	5,49a	4,98a	5,21a	5,35a	29,9a	28,8a	32,5a	36,8a	1,40a	1,47a	1,73a	1,63a
Flamboyant	3,30b	4,13a	—	4,49a	7,5b	6,9b	—	9,8a	0,27b	0,26b	0,22b	0,42a
Pau pereira	4,69b	4,77ab	5,37a	5,07ab	14,8b	15,2ab	18,4a	17,4ab	2,42b	3,11ab	3,61a	3,39a
C. carnaval	1,72b	3,47a	3,05a	3,67a	5,3c	10,4a	8,2b	9,8ab	0,09c	0,73ab	0,47bc	0,82a
O. copaíba	3,34a	3,41a	3,80a	3,56a	9,3b	9,0b	11,1ab	14,4a	0,82b	0,77b	1,30a	1,08ab
Pinha do brejo	3,18a	3,10a	3,30a	3,64a	5,8b	6,9ab	7,2ab	7,5a	0,22ab	0,15b	0,30a	0,30a
C. rosa	2,61b	3,15a	2,40b	3,26a	8,8b	11,6a	9,2b	11,8a	0,32b	0,85ab	0,39b	1,20a
Guatambu	2,98b	3,87a	3,19b	4,34a	12,1b	19,1a	15,6ab	18,8a	0,55c	1,51ab	1,01bc	1,87a
Fedegoso	1,89b	3,42a	2,18b	3,42a	7,4b	10,9a	6,9b	12,8a	0,15b	1,43a	0,18b	1,68a
Trema	1,03b	3,49a	3,81a	3,77a	1,7c	13,3b	17,7a	16,1ab	0,01b	0,46a	0,53a	0,59a
Leucena	2,53c	3,99b	3,71b	5,08a	3,8c	7,6b	7,7b	11,8a	0,25c	1,33b	1,19b	2,32a
Pau ferro	2,96b	3,79a	3,70a	3,88a	18,5b	28,5a	28,3a	31,5a	0,27b	0,85a	0,79a	1,13a
Aroeirinha	0,79c	3,57b	3,94b	5,26a	4,8b	18,2a	18,4a	22,5a	0,02c	0,92b	0,99b	1,88a
Bauhinia	5,83c	5,93bc	6,65a	6,52ab	11,4b	14,1b	21,5a	23,9a	1,24b	1,40ab	1,64ab	1,77a
Tipuana	2,18b	2,90b	4,78a	4,96a	16,8c	26,0b	40,2a	37,5a	0,50b	0,89b	1,70a	2,11a
Saboneteira	2,52d	3,84c	4,20b	5,26a	9,1c	14,8b	15,5b	18,5a	0,41c	1,21b	1,27b	3,01a
A. cerrado	2,22b	2,80ab	3,20a	3,15a	3,9b	9,7ab	10,6ab	12,8a	0,16b	1,38a	1,43a	1,33a
C. verrugosa	0,64b	0,84b	1,11b	2,77a	4,6c	8,4b	7,8b	14,8a	0,02b	0,09b	0,09b	0,74a
Paineira	1,34c	1,80bc	2,75b	4,00a	4,4c	8,4bc	14,0ab	19,6a	1,29a	1,11a	1,61a	2,06a
Uva do Japão	—	—	—	—	—	—	—	—	0,03b	0,08b	0,06b	1,25a

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre os tratamentos (na linha) pelo teste de Tukey a 5%.

---- = dados desconhecidos.



A produção de matéria seca da parte aérea foi também muito influenciada pelos tratamentos e variou muito entre as espécies. No tratamento controle, a matéria seca da parte aérea, variou de 0,01 em trema e açoita cavalo, a 3,99 g/planta no jatobá enquanto no tratamento MP, variou de 0,27 no cedro a 5,05 g/planta no jatobá. As respostas das espécies aos tratamentos mostraram comportamento muito variado entre elas (tabela 3). Os efeitos da adição conjunta de MP (relativos sobre o controle), variaram de 30500% na trema a apenas 44% no guapuruvu. As espécies foram categorizadas arbitrariamente em altamente responsivas (> 1000%), muito responsivas (1000 - 500%), responsivas (500 - 100%), pouco responsivas (< 100%) e não responsivas (sem efeito significativo) sendo encontradas 8, 6, 8, 6 e 3 espécies, respectivamente em cada categoria. Apenas paineira, jatobá e cedro não responderam à adição de MP. Os valores médios para resposta de cada categoria foram 8.325, 702, 292, 67 e 0% para altamente responsivas, muito responsivas, responsivas, pouco responsivas e não responsivas, respectivamente. A medida que reduz a magnitude da resposta, reduz também a proporção de espécies que responderam a apenas M. Na última categoria, 50 % das espécies responderam a P e nenhuma a apenas M. Isto se relaciona aos teores de nutrientes e hábito micotrófico destas espécies. Algumas espécies como trema, pau ferro e angico do cerrado, responderam aos tratamentos em relação ao controle sem porém diferir entre M, P e MP (tabela 3). Das vinte e oito espécies com respostas positivas, 16 responderam a M, 16 a P e todas a MP. Não foi possível separar os efeitos de M e P em todos os casos, mas se verifica que em seis das 28 espécies com resposta a MP, houve resposta isolada a M e em cinco houve resposta a P. A resposta a P observada nas espécies cujas respostas à MP foram menores deve-se aos efeitos nutricionais do tratamento P, resultantes do fornecimento de fósforo e de outros nutrientes pelo superfos-

fato (discutido mais adiante). Em muitas espécies, verificou-se um sinergismo entre M e P, ou seja plantas com MP cresceram mais que com qualquer um dos dois fatores aplicados isoladamente (tabela 3) o que tem sido verificado para espécies cultivadas quando em solo de baixa fertilidade (Siqueira, 1994).

Teores de Nutrientes

Os teores de nutrientes P, Ca e S das espécies variaram muito entre elas e foram influenciado pelos tratamentos (tabela 4). A adição de M ou P isoladamente, não exerceu efeito significativo nos teores de P, indicando a baixa capacidade destas plantas em responder à adição de fonte deste nutriente ao solo, e de beneficiarem da micorrização em condições de fertilidade muito baixa. Os teores de Ca foram aumentados em relação ao controle em 17 e 19 espécies no tratamento com P e MP, respectivamente e em nenhuma com apenas M. De fato a micorrização exerce pequeno efeito na absorção de elementos cationicos do solo (Siqueira & Saggin Júnior, 1995). Respostas semelhantes foram encontradas para os teores de S. Para espécies que responderam à apenas M, verificou-se alguma alteração nutricional apenas na cassia rosa que apresentou maior teor de S (tabela 4) e de Mn (não apresentado). Isto indica que, a aplicação de apenas M, embora tenha estimulado o crescimento de quatro espécies, exerceu efeito nutricional negligível nas plantas, no substrato do presente estudo. Para as espécies que responderam a adição de apenas P (albizia, bauhinia, tento, pau pereira e óleo copaíba) em todos os casos, verificou-se aumento de Ca ou S. Apenas pau pereira teve maior teor de P. Isto foi verificado também para aquelas espécies que responderam a MP, mas não a M ou P, separadamente. Exceção para pinha do brejo, que respondeu a MP, mas não apresentou diferenças significativas para nenhum nutriente determinado.



Tabela 3:

Resposta relativa ao controle das espécies ao tratamento MP e efeito dos tratamentos M, P e MP com base na produção de matéria seca da parte aérea.

Species response to MP (as % of control) and treatment effects as based upon shoot dry matter yield.

Espécies	Resposta a MP (%) *	Categoria de resposta ao tratamento do MP**	Efeitos dos Tratamentos ***			Relação M e P
			M	P	MP	
A. cavalo	30.500	AR	b	c	a	Sinergismo
Tiema	15.100	AR	a	a	a	Equivalente
Aroeirinha	7.850	AR	b	b	a	Sinergismo
Uva do Japão	4.166	AR	—	—	a	Sinergismo
C. verrugosa	3.100	AR	—	—	a	Sinergismo
Ipê-mirim	2.475	AR	a	—	a	Efeito de M
J. mimoso	2.371	AR	b	ab	a	Sinergismo
Jambolão	1.009	AR	a	—	a	Efeito de M
Leucena	860	MR	b	b	a	Sinergismo
Tipuana	773	MR	b	a	a	Efeito de P
A. amarelo	769	MR	—	—	a	Sinergismo
A. cerrado	664	MR	a	a	a	Equivalente
Fedegoso	615	MR	a	—	a	Efeito de M
C. Carnaval	536	MR	a	b	ab	Efeito de M
Saboneteira	481	R	b	b	a	Sinergismo
Albizia	400	R	—	a	a	Efeito de P
Pau ferro	374	R	a	a	a	Equivalente
C. rosa	345	R	a	—	a	Efeito de M
Sibipiruna	251	R	—	—	a	Sinergismo
Guatambú	185	R	a	b	a	Efeito de M
Flamboyant	175	R	—	—	a	Sinergismo
A. mangio	130	R	b	b	a	Sinergismo
Tento	98	PR	—	a	b	Efeito de P
Bauhinia	96	PR	—	a	a	Efeito de P
Pau pereira	61	PR	—	—	a	Sinergismo
O. Copaiba	56	PR	—	a	a	Efeito de P
Pinha do brejo	45	PR	—	—	a	Sinergismo
Guapuruvú	44	PR	—	—	a	Sinergismo
Paineira	—	—	NR	—	—	—
Nenhuma	—	—	—	—	—	—
Cedro	—	NR	—	—	—	Nenhuma
Jatobá	—	NR	—	—	—	Nenhuma

* Considerada apenas respostas significativas com base na matéria seca da parte aérea

** AR= Altamente responsiva; R= Responsiva; PR= Pouco responsivas e NR= não responsivas.

*** Letras correspondem (em ordem decrescente a... c) ao teste de Tukey à 5% para o tratamento em relação ao controle, — indica ausência de efeito significativo em relação ao controle



Tabela 4:

Teores foliares de P, Ca e S nas diversas espécies e tratamentos (C = controle; M = fungo micorrízico; P = superfosfato e MP = adição conjunta de M e P).

Foliar contents of P, Ca and S for species and treatments (C = control; M = mycorrhizal fungi, P = superphosphate and MP = co-application of M and P).

Nome comum	P, mg.Kg ⁻¹				Ca, mg.Kg ⁻¹				S, mg. Kg ⁻¹			
	C	M	P	MP	C	M	P	MP	C	M	P	MP
Guapuruvú	1,7a	2,0a	1,1a	0,9b	3,4b	3,6b	8,5a	8,4a	0,7b	0,6b	1,3a	1,4a
A. mangio	2,2a	2,5a	2,7a	3,3a	7,4a	7,7a	8,9a	9,1a	1,2b	1,9a	2,0a	2,2a
Jambolão	0,4a	0,5a	0,7a	0,8a	7,6a	3,4b	5,1ab	3,6b	2,0a	1,1b	0,9b	0,7b
A. cavalo	1,2a	1,1a	1,1a	1,8a	5,5a	6,1a	9,5a	10,6a	1,1a	1,2a	1,3a	1,4a
Tento	0,4a	0,3a	0,7a	0,5a	2,8b	2,6b	6,8a	6,1a	1,0b	1,1ab	1,4a	1,4a
Ipê-mirim	—	1,7a	2,0a	2,1a	—	2,3b	5,5a	4,8a	—	1,3a	1,1a	1,0a
A. amarelo	0,5a	0,8a	0,5a	0,8a	3,4b	4,8b	6,6ab	10,0a	3,5a	1,0c	2,2b	2,2b
J. mimoso	0,9a	1,4a	2,0a	2,1a	2,8b	2,9b	5,2a	4,6ab	0,7a	0,7a	1,1a	1,1a
Sibipiruna	0,9a	0,9a	0,5a	0,9a	6,3b	6,2b	19,0a	21,3a	0,8a	1,1a	1,2a	1,2a
Cedro	0,5b	0,6ab	0,9ab	1,1a	3,3b	4,3b	9,6a	10,5a	1,4a	1,7a	1,5a	1,6a
Albizia	1,5a	1,8a	1,8a	1,5a	4,6b	8,8b	14,1a	13,6a	2,3a	1,9a	2,2a	2,3a
Jatobá	1,1a	1,2a	1,0a	1,1a	2,5bc	2,1c	3,1a	2,9ab	1,0b	0,9b	1,3a	1,4a
Flamboyant	1,0a	0,9a	—	0,6a	3,0b	3,3ab	—	6,3a	0,7b	0,6b	—	1,5a
Pau pereira	0,7b	1,0ab	0,8ab	1,0a	4,6b	4,0b	9,4a	9,1a	1,3b	1,4ab	1,5ab	1,6a
C. carnaval	0,8a	1,1a	1,7a	1,5a	4,4b	5,1b	11,0a	12,2a	0,9a	0,7a	0,8a	0,8a
O. copaíba	0,6a	0,6a	0,4a	0,7a	6,8a	7,2a	6,4a	8,4a	0,9b	1,2b	2,2a	2,4a
Pinha do brejo	0,7a	0,8a	1,0a	0,9a	11,2a	9,9a	7,1b	7,6b	0,9a	0,9a	0,8a	0,8a
C. rosa	0,9b	0,9b	0,9b	1,3a	1,8c	5,6bc	7,7ab	9,3a	1,3b	1,6a	1,3b	1,3b
Guatambú	0,6a	1,0a	0,3a	0,9a	3,8a	3,9a	3,9a	4,7a	0,9b	1,1ab	1,4a	1,3ab
Fedegoso	0,3a	1,0a	1,2a	1,4a	3,7b	6,1b	17,2a	17,6a	2,5b	2,2b	5,4a	5,1a
Tiema	—	1,2b	0,9b	2,2a	—	5,5c	19,5a	12,2b	—	1,0a	1,0a	1,0a
Leucena	0,7a	1,2a	0,9a	1,7a	1,9a	3,1a	6,8a	8,7a	1,6a	1,3a	2,1a	2,7a
Pau ferro	0,7b	1,2ab	1,1ab	1,5a	4,3b	6,5b	9,0a	9,1a	1,0ab	1,0ab	1,1a	0,8b
Aroeirinha	1,2a	0,8a	1,1a	0,9a	4,6ab	4,0b	8,2a	6,6ab	1,7ab	1,1c	1,9a	1,4bc
Bauhinia	0,5a	0,6a	0,9a	1,1a	3,2b	3,9b	9,6a	10,5a	1,3a	1,6a	1,5a	1,6a
Tipuana	1,3a	2,0a	1,4a	1,7a	3,3b	3,7b	8,7a	8,9a	1,6a	1,7a	1,7a	2,0a
Saboneteira	1,5ab	2,0a	0,9b	1,7a	4,6b	6,9b	16,6a	15,1a	0,7c	1,1b	1,6a	1,3ab
A. cerrado	1,0a	1,1a	1,0a	1,0a	4,2a	6,0a	8,2a	8,0a	1,1a	0,9a	1,0a	0,7a
C. verrugosa	0,9a	1,4a	1,5a	2,6a	3,4b	7,4b	9,4b	16,2a	0,6a	1,0a	1,2a	0,9a
Paineira	1,4a	1,3a	1,1a	0,9a	4,6b	5,3b	8,9a	10,4a	1,1ab	1,2ab	1,3a	1,0b

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre os tratamentos (na linha) pelo teste de Tukey à 5%.

— = dados desconhecidos.



Os teores dos demais nutrientes, também variaram consideravelmente entre as espécies, sendo porém pouco relacionados aos tratamentos, por isto são apresentados resumidamente (tabela 5). O tratamento MP exerceu efeito negativo nos teores de N, sendo isto verificado em onze espécies. No J. mimoso, por exemplo, a redução de 20,4 g.kg⁻¹ no controle para 7,7 g.kg⁻¹ no MP e de 44,4 g.kg⁻¹ para 14,0 g.kg⁻¹ no angico amarelo, evidenciando um grande efeito de diluição deste nutriente no tecido vegetal. Verificou-se efeito pequeno e inconsis-

tente nos teores de K. Para Mg, apenas no jambolão e pau pereira, verificaram-se efeitos significativos do MP, que foram negativos. A cassia carnaval destacou-se como espécie com menor teor de Mg. Os teores de micronutrientes também variaram muito dentre as espécies, porém foram pouco influenciados pelos tratamentos. As diferenças entre espécies atingiram valores muito elevados como 235 vezes para Mn e 54 vezes para Fe, refletindo a alta diversidade das espécies quanto aos teores destes nutrientes.

Tabela 5:

Valores mínimos e máximos para teores foliares de nutrientes, e as respectivas espécies e o principal efeito do tratamento MP sobre os teores destes nutrientes, em relação ao controle.

Minimum and maximum leaf nutrient contents, respective species in which they were found and generalized effects of MP treatment as compared to control.

Nutriente	Teor foliar mínimo	Teor foliar máximo	Resposta generalizada a MP
N, g.kg ⁻¹	7,7 J. mimoso	44,4 A. amarelo	Redução no teor
K, g.kg ⁻¹	3,4 Bauhinia	26,5 Saboneteira	Inconsistente
Mg, g.kg ⁻¹	0,8 C. carnaval	4,2 Tento	Redução no teor
B, mg.kg ⁻¹	23 Jambolão	33 Paineira	Redução no teor
Zn, mg.kg ⁻¹	13 Paineira	52 A. amarelo	Redução no teor
Cu, mg.kg ⁻¹	2 Bauhinia	21 Tento	Inconsistente
Mn, mg.kg ⁻¹	7 Tento	1.650 A. cerrado	Inconsistente
Fe, mg.kg ⁻¹	74 C. verrugosa	4.016 Leucena	Redução no teor

Dezessete espécies apresentaram teores muito baixo de P (< 1 mg.kg⁻¹). Por se tratar de espécies selvagens e de ocorrência generalizada em solos de baixa fertilidade (Oliveira Filho et al. 1994), estes resultados indicam seu baixo requerimento de P e alta eficiência de utilização do P absorvido, sendo capaz de produzir biomassa com baixo teor de P nos tecidos. Embora apenas quatro espécies tenham mostrado efeitos significativos dos tratamentos para teor de P, quando M e P foram aplicados simultaneamente, alterações nos teores deste

nutriente nas diversas categorias de resposta, correlacionaram-se positivamente (R² = 0,99**) com colonização micorrízica da categoria. Espécies não responsivas, apresentam colonização micorrízica muito baixa (média 5%) e nenhum incremento nos teores de P em resposta aos tratamentos, ao contrário das altamente responsivas que apresentaram alta colonização (média 60%) e incremento nos teores de P da ordem de 0,8 mg.kg⁻¹ sobre o controle. Tendências similares decrescentes foram verificadas para as categorias de respostas intermediárias.



Por outro lado, os teores de Ca não se correlacionam com a colonização radicular e os de S correlacionaram negativamente ($R^2 = -0,93^{**}$) com esta variável.

Os principais benefícios nutricionais, do tratamento que mais estimularam o crescimento das espécies (MP), foram os aumentos nos teores de P, S e Ca. Verificou-se que nas espécies responsivas, os teores de P foram aumentados em média em 81% e isto foi verificado em 83% destas espécies, enquanto nas não responsivas o aumento médio foi de apenas 22%, e ocorreu em 50% das espécies desta categoria (figura 3). Já os aumentos nos teores de S, foram menores e com menor frequência nas espécies responsivas do que nas não responsivas. Espécies

responsivas apresentaram aumentos ligeiramente maiores nos teores de Ca que as não responsivas, sendo estes verificados em todas as espécies, independentemente da categoria de resposta. Portanto, houve resposta generalizada a Ca por estas espécies e um comportamento diferenciado entre as responsivas e não responsivas para teores foliares de P e S. Como as MAs são mais efetivas na absorção de P do que de qualquer outro nutriente (Siqueira, 1990), estes resultados indicam que o sinergismo observado entre os tratamentos M e P, resulta da maior absorção do P do supersimples pelas plantas micorrizadas, como amplamente documentado para espécies cultivadas (Siqueira, 1994; Harley & Smith, 1983).

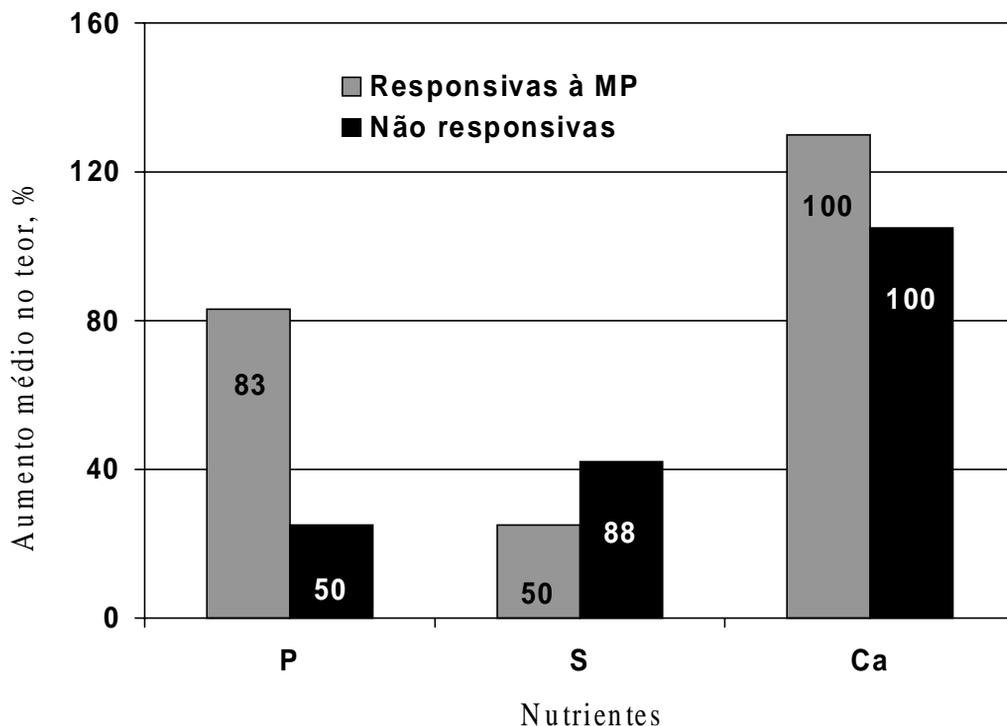


Figura 3:

Aumentos médios nos teores de P, Ca e S em espécies responsivas e não-responsivas a superfosfato e fungo micorrízicos (MP). Números nas colunas representam proporção de espécies com resposta positiva em cada categoria.

Mean increase of P, Ca and S content for responsive and non-responsive species to MP. Number within columns represent percent of species with positive response for each category.



CONCLUSÕES

Considerando que espécies individuais são as unidades básicas para a regeneração natural ou formação de florestas com espécies nativas, a falta de conhecimento de suas exigências é hoje uma grande lacuna no conhecimento (Gomez-Pompa & Burley, 1991), especialmente quando se trata de espécies nativas de matas ciliares tropicais (Barbosa et al. 1992). Apesar de alguns estudos sobre os fatores edáficos que influenciavam estas espécies já terem sido realizados (Batis-ta & Couto, 1992), respostas à fertilização e à micorrização são inexistentes para a maioria delas. Das trinta e uma espécies avaliadas neste estudo apenas cinco (16%) não apresentaram sinais de colonização micorrízica e apenas três (9,6%) não responderam à adição conjunta de super-fosfato e inoculação com fungos MAs. Isto evidencia a importância destes dois fatores para a ecologia e florestamento artificial com estas espécies. Aquelas pouco exigentes ou pouco responsivas como bauhinia, paineira, sibipiruna, jatobá, guatambu, guapuruvu, pau pereira, tento e óleo copaíba, apresentam maiores chances de sobreviverem quando plantadas em solos pobres em nutrientes ou desprovidos de propágulos de fungos MAs, ao contrário de outras como trema, açoita cavalo, aroeirinha, ipê-mirim, jacarandá mimoso e a cassia verrugosa, que apresentaram alta dependência da micorriza e da adição de superfosfato. Desse modo, a re-

dução da fertilidade e a baixa densidade de propágulos de fungos MAs do solo de mata submetida à interferência muito intensa, podem limitar a sucessão natural em áreas desmatadas e o estabelecimento de matas plantadas em áreas com estas características.

Com base nas 25 espécies nativas e 6 exóticas estudadas conclui-se que:

1. As espécies diferiram muito quanto ao nível de colonização, dependência micorrízica e resposta à inoculação com a mistura de *Glomus etunicatum* + *Gigaspora margarita*. Apenas cinco, 16% das espécies, não apresentaram sinais de micorrização, sendo que a grande maioria apresentou elevada dependência micorrízica.

2. A adição conjunta de superfosfato e fungo micorrízico atuou sinergisticamente para a maioria (90%) das espécies, sendo que as respostas para acúmulo de matéria da parte aérea seca pela adição dos dois fatores, variaram de 44 a 30500% sobre o tratamento controle. Apenas jatobá, paineira e cedro não responderam à adição conjunta destes dois fatores. Este sinergismo é resultante da maior eficiência na utilização do P aplicado no tratamento com superfosfato.

3. As respostas ao superfosfato foram relacionadas ao aumento nos teores de P, Ca e S, sendo os efeitos nos teores de Ca e S mais evidente nas espécies menos responsivas, as quais se mostraram menos micotróficas.

AUTORES E AGRADECIMENTOS

MARCO AURÉLIO CARBONE CARNEIRO, Engenheiro Agrônomo, mestrando do curso de Solos e Nutrição de Plantas da Universidade Federal de Lavras – bolsista da Capes;

JOSÉ OSWALDO SIQUEIRA, Engenheiro Agrônomo, Ph.D. professor titular de Microbiologia do Solo do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras – Caixa Postal 37, Lavras – MG, CEP 37200-000;

ANTONIO CLAUDIO DAVIDE, Engenheiro Agrônomo, Doutor, professor adjunto do Departamento de Ciências Florestais – Universidade Federal de Lavras;

LAURA JANE GOMES, Engenheira Florestal, mestranda do curso de Ciências Florestais da Universidade Federal de Lavras;

NILTON CURI, Engenheiro Agrônomo, Ph.D. professor titular do Departamento de



Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras.

FABIANO RIBEIRO DO VALE, Engenheiro Agrônomo, Ph.D. professor titular do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras.

Agradecimento ao convênio CEMIG/FAEPE/UFLA pelos recursos financeiros para realização deste trabalho e ao CNPq pela concessão de bolsas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALEXANDER, I.; AHMAD, N.; SEE, L. S. The role of mycorrhizas in the regeneration of some Malaysian forest trees. *Phil. Trans. R. Soc. Lond.*, v. 335, p. 379-388, 1992.
- BARBOSA, L. M.; ASPERTI, L. M.; BEDINELLI, C.; BARBOSA, J. M.; BELASQUE, E. F.; PIRRÉ, E. Informações básicas para modelos de recuperação de áreas degradadas de matas ciliares. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 2, Curitiba, 1992. *Anais*. Curitiba: UFPR, 1992. p. 640-644.
- BATISTA, E. A.; COUTO, H. T. Z., Influência de fatores físicos do solo sobre o desenvolvimento das espécies florestais mais importantes do cerrado da reserva biológica de Moji-Guaçu, SP. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 2, Curitiba, 1992. *Anais*. Curitiba: UFPR, 1992. p. 318-323.
- COLOZZI-FILHO, E.; SIQUEIRA, J. O. Micorrizas vesicular-arbuscular em mudas de caféiro: 1- Efeitos da *Gigaspora margarita* e adubação fosfatada no crescimento e nutrição. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 10, p. 119-205, 1986.
- GERDERMANN, J. W.; NICOLSON, T. H. Spores of mycorrhizal endogone species extracted from soil by wit sieving and decanting. *Trans. Br. Mycol. Soc.*, v. 46, p. 235-244, 1963.
- GIOVANNETTI, M.; MOSSE, B. An evaluation of techniques to measure vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New Phytol.*, v. 84, n. 3, p. 484-500, 1980.
- GOMEZ-POMPA, A.; BURLEY, F. W. The management of natural tropical forests. In: GOMEZ-POMPA, A.; WHITMORE, T. C.; HADLEY, M., ed. *Rain forest regeneration and management*. Paris: The Parthenon Publishing Group, 1991. p. 3-17.
- HABTE, M.; TURK, D. Response of two species of *Cassia* and *Gliricidia sepium* to vesicular-arbuscular mycorrhizal infection. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* v. 22, p. 1861-1872, 1991.
- HARLEY, J. L.; SMITH, S. E. *Mycorrhizal symbiosis*. London: Academic Press, 1983. 483 p.
- HERRERA, R. A.; CAPOTE R. P.; MENENDEZ L.; RODRIGUEZ, M. E. Silvigenesis stages and role of mycorrhiza in natural regeneration in sierra del Rosario, Cuba. In: GOMEZ-POMPA, A.; WHITMORE, T. C.; HADLEY, M., ed. *Rain forest regeneration and management*. Paris: The Parthenon Publishing Group, 1991. p. 211-222.
- HÖGBERG, P. Mycorrhizal associations in some woodland and shrubs in Tanzania. *New Phytol.*, v. 92, p. 407-415, 1982.
- HUNTER, A. H. *Laboratory analysis of vegetal tissues samples*. Raleigh: International Soil Fertility Evaluation and Improvement Program, 1975. 5 p.
- JANOS, D. P. Vesicular-arbuscular mycorrhizae affect lowland tropical rain forest plant growth. *Ecology*, v. 61, n. 1, p. 151-162, 1980.
- JANOS, D. P. Tropical mycorrhizae, nutrients cycles and plant growth. In: SUTTON, S. L.; WHITMORE, T. C.; CHADWICK, A. C., ed. *Tropical Rain Forest*. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1983. p. 327-345.
- JASPER, D. A. Management of mycorrhizas in revegetation. In: ROBSON, A. D.; ABBOTT, L. K.; MALAJACZUK, N., ed. *Management of mycorrhizas in Agriculture, Horticulture and Forestry*. London: Kluwer Academic Publishers, 1994. p. 211-220.
- JORDAN, C. F. Nutrient cycling processes and tropical forest management. In: GOMEZ-POMPA, A.; WHITMORE, T. C.; HADLEY, M., ed. *Rain forest regeneration and management*. Paris: The Parthenon Publishing Group, 1991. p. 159-179.
- KOIDE, R. T. Nutrient supply, nutrient demand and plant response to mycorrhizal infection. *New Phytol.*, v. 117, n. 3, p. 365-386, 1991.
- KORMANIK, P. P.; BRYAN W. C.; SCHUTZ R. C. Influence of endomycorrhizae on growth of sweetgum seedlings from eight mother trees. *Forest Sci.*, v. 23, p. 500-506, 1977.
- KORMANIK, P. P.; MCGRAW, A. C. Quantification of vesicular-arbuscular mycorrhizal in plant roots. In: SCHENCK, N. C., ed. *Methods and Principles of Mycorrhizal Research*. St. Paul: American Phyto-pathological Society, 1982. p. 37-46.
- LODGE, D. J. Resurvey of mycorrhizal associations in the el verde rainforest, Puerto Rico. In: SYLVIA, D. M.; HUNG, L. L.; GRAHAM, J. H. *Mycorrhizal in the next*



- decade practical applications and research priorities.* Gainesville: University of Florida, 1987. p. 127.
- MALLOCH, D. W.; PIROZYNSKI, K. A.; RAVEN, P. H. Ecological and evolutionary significance of mycorrhizal symbioses in vascular plants (Areview). *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, v. 4, n. 77, p. 2113-2118, 1980.
- MANJUNATH, A.; HABTE, M. Relationship between mycorrhizal dependency and rate variables associated with P uptake, utilization and growth. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, v. 22, n. 13/14, p. 1423-1437, 1991.
- MICHELSSEN, A.; ROSENDAHL, S. The effect of V.A. mycorrhizal fungi, phosphorus and drought stress on the growth of *Acacia nilotica* and *Leucaena leucocephala* seedlings. *Plant and Soil*, v. 124, p. 7-13, 1990.
- MILLER, R. M.; JASTROW, J. D. The application of V.A. mycorrhizae to ecosystem Restoration and Reclamation. In: MICHAEL, F.A., ed. *Mycorrhizal Functioning: an integrative plant-fungal process.* London, 1992. p. 438-467.
- OLIVEIRA-FILHO, A. T.; VILELA, E. A.; CARVALHO, D. A.; GAVILANES, M. L. Effect of soils and topography on the distribution of tree species in a tropical riverine forest in Southeastern Brazil. *Flora*, Alemanha, no prelo.
- PERRY, D. A.; MOLINA, R.; AMARANTHUS, M. P. Mycorrhizae, mycorrhizospheres and reforestation: current knowledge and research needs. *Can. J. of Forest Res.*, v. 8, n. 17, p. 929-940, 1987.
- PLENCHETTE, C.; FORTIN, J. A.; FURLAN, V. Growth responses of several plant species to mycorrhizae in a soil of moderated P-fertility. *Plant and Soil.*, v. 70, p. 199-209, 1983.
- REDHEAD, J.F. Mycorrhiza in natural tropical forests. In: MIKOLA, P., ed. *Tropical Mycorrhiza Research.* Oxford, 1980. p. 127-142.
- SARRIÉS, G. A.; OLIVEIRA, J.C.V.; ALVES, M. C. *Sanest.* Piracicaba: Ciagri, 1992. p. 80.
- SARRUGE, J. R.; HAAG, H. P. *Análises químicas em plantas.* Piracicaba: ESALQ-USP, 1974. 56 p.
- SCHENCK, N. C.; SIQUEIRA, J. O. Ecology of V.A. Mycorrhizal fungi in temperate agroecosystems. In: SYLVIA, D. M.; HUNG, L. L.; GRAHAM, J. H. *Mycorrhizal in the next decade practical applications and research priorities.* Gainesville: University of Florida, 1987. p. 2-4.
- SCHULTZ, R. C.; KORMANIK, P. P.; BRYAN, W. C. Effects of fertilization and Vesicular-arbuscular mycorrhizal inoculation on growth of hardwood seedlings. *Soil Sci. Soc. of Am. J.*, v. 45, n. 5, p. 961-965, 1981.
- SIQUEIRA, J. O. Micorrizas arbusculares. In: ARAUJO, R. S.; HUNGRIA, M., ed. *Microorganismos de importância agrícola.* Brasília: EMBRAPA, 1994. p. 151-194.
- SIQUEIRA, J. O. Eficiência de fertilizantes fosfatados em associações micorrízicas. In: ENCONTRO NACIONAL DE ROCHA FOSFÁTICA, 5., São Paulo, 1990. *Anais.* São Paulo: IBRAFOS, 1990. p. 165-193.
- SIQUEIRA, J. O.; FRANCO, A. A. *Biotecnologia do solo: Fundamentos e perspectivas.* Brasília: MEC/ABEAS, ESAL/FAEPE, 1988. p. 236.
- SIQUEIRA, J. O.; SAGGIN-JUNIOR, O. The importance of mycorrhizae association in natural in low fertility soils. In: MACHADO, A. T.; MAGNAVACA, R. ; PANDEY, S.; SILVA, A. F., ed. *Proc. Int. Symposium. on Environmental Stress: maize in perspective.* Sete Lagoas: EMBRAPA, 1995. p. 240-280.
- SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S.; GRISI, B. M.; HUNGRIA, M.; ARAUJO, R. S. *Microorganismos e processos biológicos do solo: perspectiva ambiental.* Brasília: EMBRAPA, 1994. 142 p.
- SPRENT, J.I. Nitrogen acquisition systems in the leguminosae. In : SPRENT, J.I.; McKEY, W., ed. *Advances in Legume Systematics.* London: The Royal Botanic Garden, 1994. p. 1-16.