

MARISA PEREIRA DE FARIA

RESPOSTA DE LEGUMINOSAS ARBOREAS AO FÓSFORO
E FUNGO MICORRÍZICO EM LATOSSOLO VERMELHO-
ESCURO DA REGIÃO CAMPOS DAS VERTENTES (MG).

Dissertação apresentada à Escola Superior de
Agricultura de Lavras, como parte das exigências do
Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Área de
Concentração Solos e Nutrição de Plantas, para a
obtenção do grau de MESTRE.

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE LAVRAS
LAVRAS — MINAS GERAIS

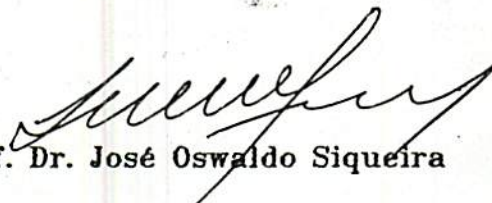
1993

**RESPOSTA DE LEGUMINOSAS ARBOREAS AO FOSFORO
E FUNGO MICORRIZICO EM LATOSSOLO VERMELHO-ESCURO
DA REGIÃO CAMPOS DAS VERTENTES (M.G.)**

APROVADA EM 22 DE NOVEMBRO DE 1993



Prof. Dr. Fabiano Ribeiro do Vale
orientador



Prof. Dr. José Oswaldo Siqueira



Prf. Dr. Nilton Curi



Profª Dra. Fátima M. S. Moreira

Aos meus pais, *Oswaldo e Genoveva*
e irmãos, *Siomara e Juvêncio*

OFEREÇO

A Deus,

DEDICO

1964

1964

APRESENTAÇÃO

(1964)

Este livro é uma obra de caráter científico e técnico, destinada a fornecer informações sobre a situação atual da indústria brasileira de celulose e papel. O trabalho foi desenvolvido sob a orientação do Dr. [nome], pesquisador do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT).

A obra está organizada em capítulos que abordam aspectos fundamentais da produção, desde a extração da madeira até os processos de fabricação de celulose e papel. São também discutidos os aspectos econômicos e sociais da indústria, bem como as perspectivas futuras.

Esperamos que esta publicação seja útil para os profissionais da área e para aqueles interessados em conhecer mais sobre a indústria brasileira de celulose e papel.

São Paulo, [data].

[Assinatura]

AGRADECIMENTOS

A Escola Superior de Agricultura de Lavras, em especial ao Departamento de Ciência do Solo, pela oportunidade concedida para a realização deste curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudos.

A Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG) pelo apoio financeiro.

Aos professores Dr. Fabiano Ribeiro do Vale, Dr. José Oswaldo Siqueira e Dr. Nilton Curi, pela orientação e exemplo de dedicação profissional.

Ao professor Antônio Cláudio Davide e funcionários do Departamento de Ciências Florestais pelas informações e auxílios prestados.

Aos funcionários Evaristo Ribeiro dos Santos (EPAMIG), José Roberto Fernandes (Pezão), Daniel dos Santos e Manoel Aparecido da Silva, pelo auxílio indispensável na condução dos experimentos.

Aos bolsistas de iniciação científica, Alvaro Vilela Resende e Luiz Arnaldo Fernandes, pela cooperação, dedicação e amizade.

Aos muitos amigos, próximos ou distantes, que sempre ofereceram a sua ajuda e foram presença importante nas várias etapas deste trabalho.

Aos colegas de curso, pela amizade e pela valiosa troca de experiências.

Ao amigo Nilton Braga Renó pelo convívio e apoio, que transformou a realização de nossos trabalhos em uma experiência divertida e gratificante.

Em especial, ao João Nicanildo Bastos dos Santos, por todas as vezes em que me ouviu e me deu seu apoio. No mérito de minhas conquistas, há muito de sua presença.

MUITO OBRIGADO!

SUMARIO

PAGINA

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	
2.1. Requerimentos nutricionais de leguminosas arbóreas..	3
2.2. Fixação biológica de nitrogênio em leguminosas arbóreas.....	6
2.3. Ocorrências de micorrizas vesicular-arbusculares (MVA).....	10
3. MATERIAL E METODOS	
3.1. Aspectos gerais.....	16
3.2. Experimento 1: influência de micorriza e doses de fósforo.....	17
3.3. Experimento 2: efeitos de fungo micorrízico, rizóbio e nutrientes.....	19
3.4. Avaliações.....	20
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	
4.1. Acácia.....	22
4.2. Albízia.....	38
4.3. Angico Amarelo.....	54
4.4. Leucena.....	70
4.5. Considerações finais.....	85
5. CONCLUSOES.....	87

6. RESUMO.....	88
7. SUMMARY.....	90
8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	92

LISTA DE QUADROS

QUADRO	PAGINA
1. Médias e ajustes de regressão para os parâmetros de crescimento, colonização e nodulação de mudas de acácia inoculadas com fungo MVA (CM) ou não (SM) em função de doses de P, aos 110 dias após o transplante (média de 3 repetições).....	23
2. Média de ajustes de regressão para os teores de nutrientes na matéria seca da parte aérea de mudas de acácia inoculadas com fungo MVA (CM) ou não (SM) em função de doses de P, aos 110 dias após o transplante (média de 3 repetições).....	25
3. Médias e testes de médias para os parâmetros de crescimento, colonização e nodulação de mudas de acácia em função da aplicação de N e P e da inoculação com rizóbio e fungo MVA, em solo fumigado (F) ou não (NF), 95 dias após o transplante (média de 5 repetições).....	27

FIGURAS

PAGINA

12. Teores de N e P na parte aérea de mudas de angico amarelo em função dos diferentes tratamentos, em solo fumigado (F) ou não (NF), aos 94 dias após o transplante (* = diferença significativa entre solos à nível de 5% pelo teste de Duncan)..... 63
13. Matéria seca da parte aérea de mudas de leucena inoculadas com fungo MVA (CM) ou não (SM) em função do P aplicado ao solo, aos 95 dias após o transplante. 72
14. Matéria seca da parte aérea de mudas de leucena em função dos diferentes tratamentos, em solo fumigado (F) ou não (NF), aos 94 dias após o transplante (* = diferença significativa entre solos à nível de 5% pelo teste de Duncan)..... 76
15. Teores de N e P na parte aérea de mudas de leucena em função dos diferentes tratamentos, em solo fumigado (F) ou não (NF), aos 94 dias após o transplante (* = diferença significativa entre solos à nível de 5% pelo teste de Duncan)..... 78

QUADRO

PAGINA

9. Médias e ajustes de regressão para os parâmetros de crescimento e colonização de mudas de angico amarelo inoculadas com fungo MVA (CM) ou não (SM) em função de doses de P, aos 95 dias após o transplântio (média de 3 repetições)..... 56
10. Médias e ajustes de regressão para os teores de nutrientes na matéria seca da parte aérea de mudas de angico amarelo inoculadas com fungo MVA (CM) ou não (SM) em função de doses de P, aos 95 dias após o transplântio (média de 3 repetições)..... 58
11. Médias e testes de médias para os parâmetros de crescimento e colonização de mudas de angico amarelo em função da aplicação de N e P e da inoculação com rizóbio e fungo MVA, em solo fumigado (F) ou não (NF), 94 dias após o transplântio (média de 5 repetições)... 60
12. Médias e testes de médias para os teores de nutrientes na parte aérea do angico amarelo em função da aplicação de N e P e da inoculação com rizóbio e fungo MVA, no solo fumigado (F) ou não (NF), aos 94 dias após transplantados (média de 5 repetições)..... 62
13. Médias e ajustes de regressão para os parâmetros de crescimento, colonização e nodulação de mudas de leucena com fungo MVA (CM) ou não (SM) em função de doses de P, aos 95 dias após o transplântio (média de 3 repetições)..... 71

QUADRO

PAGINA

14. Médias e ajustes de regressão para os teores de nutrientes na matéria seca da parte aérea de mudas de leucena inoculadas com fungo MVA (CM) ou não (SM) em função de doses de P, aos 95 dias após o transplântio (média de 3 repetições)..... 73
15. Médias e testes de médias para os parâmetros de crescimento, colonização e nodulação de mudas de leucena em função da aplicação de N e P e da inoculação com rizóbio e fungo MVA, em solo fumigado (F) ou não (NF), aos 94 dias após o transplântio (média de 5 repetições) 75
16. Médias e testes de médias para os teores de nutrientes na parte aérea da leucena em função da aplicação de N e P da inoculação com rizóbio e fungo MVA, no solo fumigado (F) ou não (NF), aos 94 dias após o transplântio (média de 5 repetições)..... 77

LISTA DE FIGURAS

FIGURA	PAGINA
1. Matéria seca da parte aérea de mudas de acácia inoculadas com fungo MVA (CM) ou não (SM) em função do P aplicado ao solo, aos 110 dias após o transplântio..	24
2. Teor de P na parte aérea de mudas de acácia em função do P aplicado, aos 110 dias após o transplântio.....	26
3. Matéria seca da parte aérea de mudas de acácia em função dos diferentes tratamentos, em solo fumigado (F) ou não (NF), aos 97 dias após o transplântio (* = diferença significativa entre solos à nível de 5% pelo teste de Duncan).....	28
4. Teores de N e P na parte aérea de mudas de acácia em função dos diferentes tratamentos, em solo fumigado (F) ou não (NF), aos 97 dias após o transplântio (* = diferença significativa entre solos à nível de 5% pelo teste de Duncan).....	30
5. Matéria seca da parte aérea de mudas de albízia inoculadas com fungo MVA (CM) ou não (SM) em função do P aplicado ao solo, aos 110 dias após o transplântio.	40

FIGURA

PAGINA

- | | | |
|-----|--|----|
| 6. | Teores de N e P na parte aérea de mudas de albizia em função do P aplicado ao solo, aos 110 dias após o transplântio..... | 42 |
| 7. | Matéria seca da parte aérea de mudas de albizia em função dos diferentes tratamentos, em solo fumigado (F) ou não (NF), aos 97 dias após o transplântio (* = diferença significativa entre solos à nível de 5% pelo teste de Duncan)..... | 44 |
| 8. | Teores de N e P na parte aérea de mudas de albizia em função dos diferentes tratamentos, em solo fumigado (F) ou não (NF), aos 97 dias após o transplântio (* = diferença significativa entre solos à nível de 5% pelo teste de Duncan)..... | 47 |
| 9. | Matéria seca da parte aérea de mudas de angico amarelo inoculadas com fungo MVA (CM) ou não (SM) em função do P aplicado ao solo, aos 97 dias após o transplântio..... | 57 |
| 10. | Teores de N e P na parte aérea de mudas de angico amarelo inoculadas com fungo MVA (CM) ou não (SM) em função do P aplicado ao solo, aos 95 dias após o transplântio. | 59 |
| 11. | Matéria seca da parte aérea de mudas de angico amarelo em função dos diferentes tratamentos, em solo fumigado (F) ou não (NF), aos 94 dias após o transplântio (* = diferença significativa entre solos à nível de 5% pelo teste de Duncan)..... | 61 |

FIGURAS

PAGINA

12. Teores de N e P na parte aérea de mudas de angico amarelo em função dos diferentes tratamentos, em solo fumigado (F) ou não (NF), aos 94 dias após o transplante (* = diferença significativa entre solos à nível de 5% pelo teste de Duncan)..... 63
13. Matéria seca da parte aérea de mudas de leucena inoculadas com fungo MVA (CM) ou não (SM) em função do P aplicado ao solo, aos 95 dias após o transplante. 72
14. Matéria seca da parte aérea de mudas de leucena em função dos diferentes tratamentos, em solo fumigado (F) ou não (NF), aos 94 dias após o transplante (* = diferença significativa entre solos à nível de 5% pelo teste de Duncan)..... 76
15. Teores de N e P na parte aérea de mudas de leucena em função dos diferentes tratamentos, em solo fumigado (F) ou não (NF), aos 94 dias após o transplante (* = diferença significativa entre solos à nível de 5% pelo teste de Duncan)..... 78

1. INTRODUÇÃO

O enfoque atual dos estudos sobre os recursos naturais renováveis tem destacado a vegetação como um fator fundamental para a conservação de outros recursos como o solo, a água e a fauna. Entretanto, os impactos ambientais causados pelo homem através de queimadas, represamentos e derrubadas das matas tem contribuído para o empobrecimento e erradicação da cobertura vegetal, resultando em alterações da fauna e flora originais.

Neste contexto, tem-se intensificado os estudos no sentido de se proteger as matas remanescentes e de reflorestar as margens dos cursos e reservatórios d'água. Na tentativa de buscar o reequilíbrio do sistema, alguns levantamentos têm sido feitos com o objetivo de caracterizar as espécies florestais nativas, visando a utilização destas na recuperação de áreas marginais e degradadas. No entanto, ainda são poucas as informações disponíveis acerca das exigências nutricionais e práticas silviculturais destas espécies, bem como de seu estabelecimento, desenvolvimento e manejo no campo.

A utilização de leguminosas em sistemas florestais é de considerável importância, devido a capacidade destas de fixar o N_2 atmosférico em simbiose com o rizóbio, o que possibilita a manutenção de níveis adequados de N no solo para o crescimento vegetal, dispensando o uso de fertilizantes nitrogenados, que além de caros, podem exercer impactos sobre o ecossistema.

Em regiões tropicais, a grande diversidade e adaptabilidade das leguminosas arbóreas contribui para o seu alto potencial de utilização econômica, como também para o seu uso em programas de proteção e conservação ambiental. Porém, o sucesso do estabelecimento das leguminosas arbóreas em solos degradados ou de baixa fertilidade pode ser dificultado por problemas de acidez e deficiências nutricionais, notadamente a deficiência de fósforo.

Nas áreas onde a baixa fertilidade constitui a principal limitação ao crescimento das plantas, verifica-se que a presença das associações micorrízicas pode exercer um papel fundamental no estabelecimento e desenvolvimento das mesmas. As micorrizas vesicular-arbusculares (MVA), de ocorrência generalizada, tem sido amplamente estudadas, principalmente no que se refere ao aumento na aquisição de P. Nas leguminosas nodulíferas, além de possibilitar o aumento da absorção de P, as MVA podem contribuir para o aumento da capacidade de fixação de N_2 , através de um efeito sinérgico entre o rizóbio e a MVA, aumentando a capacidade de estabelecimento e importância das leguminosas na recuperação de áreas degradadas ou revegetação de solos de baixa fertilidade, com baixo uso de insumos.

O presente estudo teve por objetivo avaliar a resposta de mudas de albizia (*Albizia lebeck*), acácia (*Acacia mangium*), leucena (*Leucaena leucocephala*) e angico amarelo (*Peltophorum dubium*) à doses de fósforo, inoculação com MVA e rizóbio e adubação com N mineral em um Latossolo Vermelho-Escuro da região Campos das Vertentes, Minas Gerais.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Requerimentos Nutricionais de Leguminosas Arbóreas

As relações fundamentais entre a nutrição mineral e o crescimento de espécies florestais são as mesmas encontradas para outras plantas, diferenciando-se basicamente em relação ao fator tempo. De acordo com a finalidade do plantio florestal, seja produção de biomassa, combustível ou reflorestamento, o ciclo de crescimento pode variar entre 4 a mais de 100 anos. Em sistemas florestais, a reciclagem dos nutrientes absorvidos é muito alta, e há acúmulo de reservas em caules e folhas e elevada capacidade para mobilizar e reutilizar os nutrientes, de maneira a sustentar seu crescimento a curto ou longo prazo (NAMBIAR, 1989).

A atual preocupação de se recuperar áreas degradadas através da revegetação e regeneração de matas ciliares é fundamentada basicamente na necessidade de reequilibrar estes ecossistemas, permitindo a restauração da fauna e flora. Entre as maiores dificuldades deste tipo de estudo, cita-se os poucos conhecimentos acerca das espécies florestais, principalmente no que se refere aos requerimentos nutricionais das mesmas.

SANCHEZ (1981) ressalta a deficiência dos solos tropicais quanto à N e P, nutrientes requeridos em elevadas quantidades pelas plantas e cuja correção por meio de fertilizantes minerais

é dificultada pelo seu alto custo. Na Austrália, verificou-se que aplicações de P aumentavam a produção de biomassa de *Pinus radiata* de 20,9 para 79,5 T.ha⁻¹ e para 175 T.ha⁻¹, quando se utilizou P e N (Waring, 1980, citado por NAMBIAR, 1989). Outros autores verificaram um aumento expressivo no crescimento de espécies arbóreas, leguminosas e não leguminosas, em função do P aplicado (FRANCO, 1984; DAVEY & WOLLUM, 1989; DIAS et al., 1990; COLONNA et al., 1991 e HABTE & MANJUNATH, 1991).

O nitrogênio tem tido considerável atenção, uma vez que este elemento se mostra como um dos mais limitantes para o crescimento e produção florestal (WARING & SCHLESINGER, 1985 e NAMBIAR, 1989).

Apesar de requerido em grandes quantidades, o nitrogênio pode ser suprido através da fixação biológica do N₂, por leguminosas e não leguminosas (VIDOR et al., 1983). A quantidade de N₂ fixada é dependente das exigências do sistema, da remoção de outros fatores limitantes ao desenvolvimento da planta, da simbiose e da disponibilidade de N no solo (FRANCO, 1984). Espécies de leguminosas como *Leucaena leucocephala*, *Acacia* spp e *Inga* spp são capazes de fixar até 500, 200 e 35 Kg N.ha⁻¹.ano⁻¹, respectivamente, evidenciando assim o potencial da fixação e do uso destas espécies em sistemas florestais (ROSKOSKI, 1981). Desse modo, o manejo das espécies fixadoras de N₂ como substitutas ou como espécies acompanhantes pode ser um fator importante na regeneração de florestas tropicais (BOWEN & NAMBIAR, 1989).

A disponibilidade de P para as espécies florestais é afetada pela acidez do solo, pela disponibilidade de cálcio e

pela atividade de microrganismos (PRITCHETT & FISHER, 1987). Plantas com sistema radicular pouco desenvolvido possuem um maior requerimento externo de P, acentuado pelo fato deste elemento se movimentar na solução do solo por difusão, dificultando o seu alcance pelas raízes e criando zonas de depleção ao redor das mesmas (FOX, 1981).

O estabelecimento efetivo de espécies florestais pode ser altamente dependente da presença de P disponível no solo; a baixa concentração de P na solução do solo e na rizosfera pode limitar o estabelecimento de associações mutualísticas entre leguminosas e rizóbio, uma vez que o nódulo apresenta alto teor de P, aumentando a necessidade deste em plantas dependentes da simbiose (CASSMAN et al., 1981 e FRANCO, 1984). Quanto às associações micorrízicas, a disponibilidade de P pode influenciar a formação e o funcionamento da simbiose, determinando o grau de dependência das plantas, bem como a natureza mutualística ou parasítica da simbiose (SIQUEIRA & COLLOZI FILHO, 1986 e BETHLENFALVAY et al., 1989).

O potássio, entre os macronutrientes, é frequentemente o de menor resposta nos sistemas florestais (SANCHEZ, 1981) e parece não ter efeito específico sobre a fixação do nitrogênio (ANDREW, 1976). Nestes sistemas, parte do potássio lixiviado é retornado às camadas superficiais pelas raízes, não representando limitações a curto prazo.

Entre outros fatores limitantes ao estabelecimento de espécies florestais, a acidez e alta saturação por alumínio parecem ser os maiores impedimentos ao uso de leguminosas, que

geralmente requerem solos com pH próximo do neutro e disponibilidade de cálcio e micronutrientes. A toxidez de alumínio afeta diretamente o rizóbio, aumentando o tempo de multiplicação e retardando ou inibindo a nodulação ou ainda, reduzindo o sistema radicular e diminuindo a absorção de fósforo e o crescimento da planta (CARVALHO et al., 1981 e FRANCO & MUNNS, 1982). Em solos ácidos, é também comum a deficiência de cálcio e magnésio, que pode ser suprida quando da correção da acidez.

As leguminosas arbóreas têm ainda maior exigência dos elementos cobalto e molibdênio, essenciais ao processo de fixação e cuja disponibilidade está ligada ao teor de matéria orgânica e ao pH do solo. A aplicação de FTE é sugerida como reposição, em casos em que seja constatada a deficiência (FRANCO, 1984).

2.2. Fixação Biológica de Nitrogênio em Leguminosas Arbóreas

Em sistemas florestais o uso de leguminosas tem tido grande enfoque, tanto no que diz respeito à proteção do solo e conservação, como em especial à sua capacidade de fixação do N_2 atmosférico (BAUER, 1981 e NAIR et al., 1984). As leguminosas perenes, caracterizadas por sua boa adaptabilidade ecológica, podem enriquecer o solo contribuindo para o aumento de matéria orgânica, adicionando folhas e raízes, podem aumentar a porosidade do solo e a taxa de infiltração de água, reduzindo a erosão e também aumentar a eficiência da ciclagem de nutrientes no sistema solo-planta, contribuindo para a conservação e sustentabilidade do ecossistema (NATIONAL ACADEMY OF

SCIENCES, 1979).

As espécies dos gêneros *Acacia*, *Acrocarpus*, *Albizia*, *Piptadenia*, *Leucaena*, *Mimosa* e *Sesbania* tem sido citadas como de grande potencial de uso em florestas tropicais (GALVAO, 1984 e DAVEY & WOLLUM, 1989), no entanto, existem várias outras nativas ainda pouco estudadas. *Leucaena leucocephala* cresce rapidamente em condições climáticas desfavoráveis, como seca (Lima et al., 1983, citados por GALVAO, 1984 e VALARINI & BUFARAH, 1984), além de apresentar grande capacidade de fixação de N_2 (NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES, 1979). Na Austrália, a resistência a fatores adversos e climáticos do gênero *Acacia* comprovam sua adaptabilidade à região e uso potencial em sistemas florestais, do ponto de vista econômico e regenerador de solos pobres e degradados (BARNET & CATT, 1991).

Quanto ao processo de fixação de N_2 , as leguminosas são capazes de atender à grande parte de sua necessidade em nitrogênio, fato que contribui não só para a diminuição da necessidade e custo com adubação nitrogenada, como para a própria adaptabilidade das espécies em áreas onde o N é limitante (VIDOR et al., 1983; FRANCO, 1984; WARING & SCHLENSINGER, 1985; BOWEN & NAMBIAR, 1989 e DAVEY & WOLLUM, 1989).

O nitrogênio, embora seja um dos elementos essenciais mais abundantes na natureza, é o mais crítico em relação às necessidades das plantas. No processo de fixação simbiótica do N_2 atmosférico, o nitrogênio é imediatamente fornecido à planta hospedeira sob a forma reduzida, sendo posteriormente combinado com os ácidos orgânicos provenientes da fotossíntese para a

formação de aminoácidos. O processo industrial, por sua vez, tem um custo muito elevado, além do seu uso intensivo contribuir para o acúmulo de formas inorgânicas de nitrogênio no solo, levando à lixiviação e poluição dos cursos d'água (VIDOR et al., 1983 e PAUL & CLARK, 1989). Tais problemas contribuíram para a intensificação dos programas de pesquisa visando a ampliação do uso da fixação biológica do nitrogênio nas leguminosas arbóreas destinadas a programas de revegetação ou reflorestamento. Uma grande diversidade de espécies leguminosas pode ocorrer naturalmente em matas e florestas e até mesmo em áreas degradadas, mas pouco se sabe sobre a capacidade fixadora destas espécies (PRITCHETT & FISHER, 1987). Segundo DAVEY & WOLLUM (1989), apenas 20% de cerca de 14.000 espécies de leguminosas conhecidas foram estudadas. Destas, cerca de 90% foram encontradas noduladas.

Vários são os questionamentos acerca da taxa de fixação de N_2 , tempo de fixação, liberação do N fixado ao solo e o ganho global de N pela área. Espécies como *Alnus*, *Casuarina* e *Robina* oferecem ganhos imediatos ao sistema, podendo fixar mais de 100 Kg de $N \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$ (PRITCHETT & FISHER, 1987 e DAVEY & WOLLUM, 1989), porém a quantificação do N_2 fixado é variável com a espécie e influenciada pelo ambiente. Fatores bióticos (rizóbio específico), climáticos (temperatura, oxigenação e umidade), fertilidade do solo (acidez e disponibilidade de nutrientes) e outros, como a presença de pesticidas, podem favorecer ou limitar o processo (VIDOR et al., 1983 e SIQUEIRA & FRANCO, 1988).

A interação rizóbio-leguminosa é influenciada de modo direto ou indireto pelas condições ambientais do solo. De modo geral, as

leguminosas requerem valores mais altos de pH e maior disponibilidade de nutrientes do que normalmente se encontra em solos de florestas (Munns & Franco, citados por SILVA & FRANCO, 1984). Estes autores verificaram tolerância decrescente da estirpe de rizóbio a pH 4,6 para Caesalpinoideae (85,7%), Mimosoideae (48,7%) e Papilionoideae (28%), sendo a tolerância relacionada a espécies de leguminosa, bem como a região de ocorrência natural destas, evidenciada pela *L. leucocephala*, originada em solos de pH mais alto e considerada não tolerante (BOWEN & NAMBIAR, 1989) e *Piptadenia gonoacantha*, de ocorrência em solos ácidos, com estirpes capazes de crescer em valores baixos de pH.

De modo geral, a correção da acidez, bem como a manutenção de níveis adequados de nutrientes, como P e K, são necessários para o estabelecimento e crescimento satisfatório destas espécies (PRITCHETT & FISHER, 1987). Em altos níveis de N, normalmente a fixação é inibida (WARING & SCHLESINGER, 1985), conforme verificou-se em *Albizia falcataria*, cuja taxa de nodulação foi reduzida após fertilização nitrogenada (GARCIA et al., 1988). A disponibilidade de N, porém, se faz necessária para o início da fixação e pequenas doses de N podem estimular o crescimento da planta e aumentar assim a produção de nódulos (VIDOR et al., 1983).

A nutrição fosfatada exerce papel importante na disponibilidade de energia (produção de ATP) para a fixação de N₂ (CASSMAN et al., 1981). A atividade da nitrogenase é dependente de ATP para a redução do N₂ atmosférico à amônia, demonstrando

ser a disponibilidade de P um fator crítico para as leguminosas não só por afetar o crescimento como também a nodulação e fixação (BAREA & AZCON-AGUILAR, 1983). Desta maneira, a presença de fungos micorrízicos pode ter um efeito significativo em sua absorção e translocação para a planta hospedeira (Mejstrik & Beneke, citados por DAVEY & WOLLUM, 1989). O estabelecimento de relações sinérgicas entre leguminosas fixadoras de N_2 e micorrizadas pode aumentar a nodulação, principalmente devido à melhoria do estado nutricional, do favorecimento do crescimento e por modificações fisiológicas (BAREA, 1991). A dupla simbiose em leguminosas pode contribuir para a redução do uso de fertilizantes químicos, como também dos custos do próprio sistema em termos de dreno de fotossintatos (BAREA & AZCON-AGUILAR, 1983 e HABTE & TURK, 1991).

2.3. Micorrizas Vesicular-arbusculares (MVA)

As micorrizas são associações mutualistas entre raízes de plantas e certos fungos do solo, presentes na maioria das espécies vegetais superiores e reconhecidas como de fundamental importância na sobrevivência das plantas e na ciclagem de nutrientes (BAREA & AZCON-AGUILAR, 1983). Baseado na anatomia das raízes colonizadas, as micorrizas foram classificadas em ectomicorrizas (penetração intercelular), ectendomicorrizas (penetração intracelular) e endomicorrizas (penetração inter e intracelular). No último grupo, encontram-se as micorrizas vesicular-arbusculares (MVA), de ocorrência generalizada na maioria das plantas vasculares, notadamente na região tropical.

A ocorrência generalizada de micorrizas no ecossistema indica a sua importância na sobrevivência da maioria das espécies arbóreas contra comunidades biológicas competitivas no habitat florestal (BOWEN, 1980). Os fungos MVA são os mais comuns e importantes simbiontes radiculares encontrados em sistemas agrícolas e florestais dos trópicos, ocorrendo na maioria das famílias de angiospermas e gimnospermas (BJORKMAN, 1970).

Há em geral, uma correlação negativa entre a formação de micorrizas e a ocorrência de pêlos radiculares ou raízes finas, o que pode explicar a maior dependência das leguminosas a esta associação do que as gramíneas. As leguminosas tropicais, normalmente com pêlos radiculares esparsos, seriam altamente beneficiadas pela presença do fungo para um desenvolvimento normal (BAYLIS, 1975 e ZAMBOLIM & SIQUEIRA, 1985).

O crescimento adequado de árvores tropicais parecer requerer associações micorrízicas que garantam a absorção de nutrientes e água pelo aumento da superfície de absorção, aumento da mobilização de nutrientes através da intemperização biológica e aumento da longevidade da raiz, por promover uma barreira biológica à infecção radicular por patógenos do solo (BAREA, 1991). Mudanças de espécies florestais pré-colonizadas podem apresentar uma amplitude de resposta de 167 a 8000% em relação ao crescimento pós-transplante, dependendo da espécie considerada (SIQUEIRA & FRANCO, 1988).

Em relação à nutrição das plantas, as MVA tem sido amplamente estudadas quanto à aquisição de nutrientes do solo, particularmente em relação àqueles que se movem por difusão, como

o fósforo. Vários trabalhos demonstram a importância destas na aquisição de P, além do N e outros nutrientes, notadamente em solos pobres (RHODES & GERDEMANN, 1975; BAREA et al., 1980; SIQUEIRA & PAULA, 1986; PAULA & SIQUEIRA, 1987 e MONTEIRO, 1990).

As plantas micorrizadas tem acesso a formas não disponíveis de P no solo. Isto resulta de mudanças químicas na rizosfera e favorecem a liberação de formas não disponíveis de P no solo (SIQUEIRA & SAGGIN JUNIOR, 1992). SAIF (1987) relata que a eficiência de utilização de P de fosfato de rocha por algumas leguminosas tropicais foi duas vezes maior em plantas micorrizadas que naquelas não micorrizadas. Porém, a eficiência das MVA sobre formas menos solúveis de P necessita ainda de maiores informações (SIQUEIRA, 1990).

A habilidade do fungo em absorver, translocar e transferir P para a planta está relacionada à efetividade das MVA e ao nível de P no solo (MENGE et al., 1978). Concentrações elevadas de P podem diminuir significativamente a colonização micorrízica e a esporulação dos fungos MVA (SIQUEIRA et al., 1984). A disponibilidade de P determina o custo metabólico da simbiose, a natureza da relação simbiótica e a magnitude dos benefícios da micorrização (WARING & SCHLESINGER, 1985; BETHLENFALVAY et al., 1989; AMIJEE et al., 1989 e SIQUEIRA & SAGGIN JUNIOR, 1992).

A dependência micorrízica é definida como o grau no qual a planta é dependente da condição micorrízica para obter seu máximo crescimento ou produção a um dado nível de fertilidade do solo (MENGE et al., 1978) e é variável de espécie para espécie e diminui com o aumento das concentrações de P na solução do solo (HABTE & MANJUNATH, 1991). Espécies arbóreas tropicais geralmente

apresentam elevada dependência ao micotrofismo. A *L. leucocephala* é um exemplo de planta com esta dependência micorrízica. A inoculação das mudas com *Glomus fasciculatum* aumentou o crescimento, área foliar e produção de biomassa de parte aérea e raiz (HUANG et al., 1985). Conforme TAUFIQUL & HABTE (1985), em solo não esterilizado, a inoculação da *L. leucocephala* com *G. fasciculatum* produziu um crescimento significativo das mudas, embora o crescimento tenha sido 17% menor no solo não esterilizado do que em esterilizado, devido a competição por fungos nativos.

A resposta de *Acacia auriculiformis* à inoculação com MVA parece ser dependente do fungo utilizado, da variedade e da procedência. AGGANGAN et al. (1992), testando 4 variedades de acácia em um solo com baixa disponibilidade de P, verificaram que a efetividade micorrízica em termos de crescimento foi decrescente na seguinte ordem: *Glomus etunicatum* > *G. macrocarpum* > *Gigaspora margarita*. Maiores respostas foram obtidas em 3 variedades australianas, sendo o aumento de peso da muda de 354-395%; diâmetro de 126-158%; peso de raiz de 1312-1825% e peso da parte aérea 1312-1825%. Em outro estudo com *Acacia* sp, verificou-se que a maior altura, peso seco de raiz e parte aérea, colonização micorrízica e conteúdo de P total na planta foram obtidos com *Glomus fasciculatum* (SANKARAN, 1992).

O aumento de crescimento obtido com a dupla inoculação de *Glomus fasciculatum* e rizóbio em *Leucaena leucocephala*, levaram também ao aumento da condutância estomática, associada à maior perda de H₂O e assimilação de carbono (HUANG et al., 1984). A

dupla inoculação promoveu aumentos significativos na nodulação, crescimento e absorção de P quando comparada à testemunha não inoculada ou às inoculações separadas (SIVAPRASAD et al., 1983). Em solos deficientes em P, a inoculação apenas com *G. fasciculatum* aumentou a nodulação pelos rizóbios nativos e quando se fez a inoculação apenas com rizóbio houve aumento de colonização de raízes por fungos micorrízicos nativos. Duplamente inoculada, a nodulação, colonização micorrízica, peso seco e conteúdo de N e P em leucena foram superiores aos tratamentos isolados (MANJUNATH et al., 1984).

Em *Acacia auriculiformis*, mudas inoculadas apenas com rizóbio apresentaram maior peso de raiz e parte aérea e absorção de N que a testemunha não inoculada, mas poucos nódulos foram formados (1,3/planta). A inoculação apenas com *Glomus fasciculatum* resultou em aumento da formação de nódulos efetivos (89/planta). A dupla inoculação promoveu um maior número de nódulos, peso de mudas, absorção de N e P e redução de acetileno (CHANG et al., 1986). Em *Eysenhardtia polystachya* a nodulação foi verificada apenas nas mudas inoculadas com *Glomus* spp (FERRARA-CERRATO & VILLERIAS, 1984).

Além dos efeitos nutricionais das micorrizas, outros como menores danos causados por doenças radiculares, melhor agregação do solo e tolerância aos estresses do transplante são comumente relatados para inoculação com MVA (NELSEN, 1987 e SIQUEIRA et al., 1991). As MVA parecem ser mais capazes que outros fungos em promover a formação de agregados semi-estáveis do solo (Sutton & Sheppard, citados por BOWEN, 1980), devido a produção de substâncias gomosas, possivelmente polissacarídeos, formados por

fungos ou bactérias associadas, o que tornaria as plantas micorrizadas particularmente adequadas à reabilitação de áreas erodidas e degradadas, como as dunas (Glough & Sutton, citados por BOWEN, 1980). As alterações nos perfis dos solos podem levar à remoção da camada arável, onde se concentram a maioria dos propágulos fúngicos de MVA. Os propágulos perdidos pela erosão devem ser repostos antes do crescimento das plantas, de modo que estas possam se beneficiar da associação com MVA, permitindo melhor desenvolvimento nestes solos (THOMAS et al., 1986; BAREA, 1991 e MULLIGAN et al., 1992).

Diversos estudos conduzidos na Austrália (AGGANGAN et al., 1992; REDDEL et al., 1992 e SANKARAN, 1992) indicam o potencial da *Acacia mangium*, como espécie regeneradora em áreas degradadas, além de seu potencial econômico. Porém, de maneira geral, com exceção da leucena (*Leucaena leucocephala*), que tem sido amplamente estudada, ainda são poucos os estudos envolvendo a capacidade de nodulação e fixação, a dependência micorrízica e os requerimentos nutricionais das espécies consideradas neste estudo, principalmente em relação às nativas da região tropical. A carência de informações sobre as exigências e comportamento destas espécies tem sido um dos fatores mais limitantes ao seu uso em programas de recuperação ambiental através do reflorestamento.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Aspectos Gerais

O presente estudo foi realizado em casa de vegetação do Departamento de Ciência do Solo da Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL), Minas Gerais, no período de dezembro de 1992 a março de 1993. Foram estudadas quatro espécies de leguminosas arbóreas e conduzidos dois experimentos. Para ambos os experimentos utilizou-se um Latossolo Vermelho-Escuro, epiálico, textura argilosa, relevo plano, fase cerrado, coletado próximo à represa de Itutinga/Camargos (MG), pertencente à região Campos das Vertentes. A análise química e física do solo apresentou as seguintes características: pH em água (1:2,5) = 5,2; Al^{3+} = 0,6 cmol/kg solo, $Ca^{2+} + Mg^{2+}$ = 0,4 cmol/kg solo e $H^+ + Al^{3+}$ = 6,3 cmol/kg solo, extraídos por KCl 1N; P e K^+ = 1 e 36 mg/kg solo, respectivamente, extraídos pelo Mehlich-1; matéria orgânica = 43, areia fina = 60, areia grossa = 380, silte = 200 e argila = 360 g/kg solo.

O solo foi coletado na camada de 0-20 cm, seco ao ar e passado em malha de 2 mm. A necessidade de calcário foi calculada pelo método de saturação por bases (QUAGGIO, 1983), considerando $V_2 = 50\%$ e utilizando-se como fonte carbonato de cálcio e carbonato de magnésio, puros, na proporção de 4:1. Após a incubação, o solo possuía pH em água (1:2,5) = 6,0; $Ca^{2+} + Mg^{2+} =$

3,7 cmol/kg solo e $Al^{3+} = 0,1$ cmol/kg solo extraídos com KCl 1N e determinados por titulometria.

A avaliação da densidade de esporos de fungos MVA do solo revelou uma média de 21 esporos/40 ml, sendo a população predominantemente composta por *Glomus occultum* Walker, *Scutellospora* spp, *Acaulospora scrubiculata* Trappe e *Entrophospora colombiana* Spain & Schenck.

Utilizaram-se neste estudo quatro espécies de leguminosas arbóreas sendo: *Acacia mangium* Willd, *Albizia lebeck* (L.) Benth, *Peltophorum dubium* Spreng Talb. e *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. As sementes foram obtidas junto ao Departamento de Ciências Florestais da ESAL e submetidas à quebra de dormência. No caso da *A. lebeck*, utilizou-se ácido sulfúrico concentrado por 5 minutos, lavando-se as sementes em água corrente por 1 hora e deixando-as em repouso, imersas em água, por 24 horas. As sementes das demais espécies foram imersas em água a 90° C por 5 minutos e deixadas em repouso por 24 horas em água fria. Após o tratamento, as sementes foram germinadas em papel tratado com Benlate e levadas ao germinador, mantido em temperatura constante de 25°C, com umidade controlada. Após cerca de três dias, quando ocorreu a emissão das radículas, as plântulas foram repicadas para os vasos contendo os tratamentos dos dois experimentos.

3.2. Experimento 1: Influência da inoculação com fungo MVA e doses de fósforo.

O experimento foi conduzido com as quatro leguminosas separadamente, em delineamento inteiramente casualizado (DIC),

com os tratamentos dispostos em esquema fatorial 5 x 2, com 3 repetições. Os tratamentos foram 5 doses de fósforo e inoculação ou não das mudas com o fungo *Glomus etunicatum* Becker & Gerdemann. Cada unidade experimental consistiu de vasos de PVC, com 20 cm de diâmetro e capacidade de 5 dm³ de solo, vedados interiormente com sacos plásticos.

A aplicação do fósforo ao solo foi feita após a incubação com calcário, misturando-se $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ de modo a fornecer 0, 30, 60, 120 e 480 mg P/kg solo. Após a aplicação do P e antes do plantio, foi feita a extração do P do solo pelo método Mehlich-1 obtendo-se 1; 3; 6; 18 e 105 mg P/kg solo, respectivamente. Juntamente com o fósforo, foram aplicados 25 mg/kg de potássio na forma K_2SO_4 e extraiu-se 71 cmol K/kg solo pelo Mehlich-1.

O fungo micorrízico foi obtido através de inóculo de solo de *Glomus etunicatum*, com densidade média de 80 esporos/ml e a inoculação foi feita utilizando-se 5 ml do inóculo do solo, fornecendo-se 400 esporos/plântula, em um total de 1200 esporos/vaso. Nos tratamentos sem inoculação foram aplicados 100 ml de um filtrado, preparado a partir do substrato do inóculo, diluindo-se 50 ml do inóculo em 1,5 l de água destilada. A suspensão obtida foi peneirada em malhas de 0,71 e 0,053 mm e filtrada em papel de filtro para eliminar os propágulos de MVA.

No ato da repicagem, as plântulas foram inoculadas com estirpes específicas de rizóbio, via inoculante em turfa fornecido pelo CNPDS-EMBRAPA. No caso do angico, que não possui estirpe de rizóbio selecionado, aplicou-se uma mistura de

inoculantes utilizados nas outras espécies.

Foram dispostas 3 plântulas por vaso, permanecendo 2 plântulas após o desbaste, realizado aos 20 dias para a albízia e acácia, 24 dias para o angico amarelo e 15 dias para a leucena. A umidade do solo nos vasos foi mantida entre 60-70% do volume total de poros, através de irrigações controladas por pesagens diárias dos vasos.

A adubação potássica foi realizada novamente após 30 dias do transplântio, seguindo-se aplicações semanais de 25 mg K/kg solo na forma de K_2SO_4 , em um total de 105 mg/kg de K. A acácia sofreu severo ataque de oídio, que foi controlado através de aplicações semanais de Morestan, na concentração de 0,6 g/l.

A colheita das espécies foi realizada aos 110 dias, no caso da acácia e albízia e 95 dias para leucena e angico.

3.3. Experimento 2: Efeitos de fungo micorrízico, rizóbio e nutrientes

Utilizou-se um delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial 8 x 2, com 5 repetições, em solo fumigado ou não, para cada uma das quatro leguminosas estudadas. O solo utilizado foi o mesmo do experimento 1.

A unidade experimental utilizada consistiu em tubos de PVC revestidos por saquinhos de polietileno com capacidade de 1 dm³, de solo com uma plântula por recipiente. Os oito tratamentos utilizados são listados a seguir:

- 1 - testemunha (T)
- 2 - rizóbio + MVA (RM)
- 3 - nitrogênio + MVA (NM)

colonização das raízes, após a clarificação destas em KOH 10%, por 12 horas, aquecidas a 90° C por 15 minutos. Em seguida, as raízes foram lavadas em água destilada e alvejadas com H₂O₂ alcalina, por 10 a 20 minutos e colocadas em HCl 1%, por 3 a 4 minutos, sendo coradas em azul de tripano 0,2% por 12 a 13 minutos e aquecidas a 90° C. Utilizou-se o método da placa quadriculada (GIOVANNETTI & MOSSE, 1980), observando-se as raízes em microscópio estereoscópico. A inoculação por rizóbio foi avaliada pelo número de nódulos.

O estado nutricional das mudas foi avaliado através da análise dos teores de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn, determinados da seguinte forma: N pelo método Kjeldahl (LIAO, 1981), Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn por espectrofotometria de absorção atômica, P por colorimetria, K por fotometria de chama e S por turbidimetria (BLANCHARD et al., 1965).

Os parâmetros estudados foram submetidos às análises de variância, utilizando-se o programa estatístico SANEST (Instituto Agronômico de Campinas). As equações de regressão ajustadas foram realizadas no SAEG (Universidade Federal de Viçosa). Os dados referentes ao número de nódulos e colonização foram transformados por $\sqrt{x + 1}$ e arco seno $\sqrt{x / 100}$, respectivamente.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Acácia

Os efeitos das doses de P e da inoculação com *Glomus etunicatum* no crescimento, nodulação e colonização micorrízica da acácia encontram-se no Quadro 1 e Figura 1. Verifica-se que não houve efeito significativo para a inoculação com fungo MVA e doses de P na colonização micorrízica, ao passo que a produção de matéria seca da parte aérea foi influenciada pelo P e pela inoculação (Figura 1). As mudas inoculadas produziram mais matéria seca da parte aérea que as não inoculadas, sendo esse efeito mais pronunciado a partir da dose de 30 mg P/kg solo. As mudas do tratamento sem P apresentaram crescimento inferior em até 10 vezes, comparativamente aos tratamentos que receberam P. A acácia não mostrou resposta adicional à dose superior a 120 mg P/kg solo. A altura de planta, o diâmetro do colo, a matéria seca das raízes e a relação raiz/parte aérea foram afetados apenas pelas doses de P. Não houve efeito da inoculação com fungo MVA sobre a nodulação e não se verificou a presença de nódulos na testemunha, sem a aplicação de P (Quadro 1). Para todas as variáveis de crescimento analisadas, os maiores incrementos de resposta foram obtidos com a aplicação de 30 mg P/kg solo, sendo os incrementos das demais doses proporcionalmente menores.

QUADRO 1. Médias e ajustes de regressão para os parâmetros de crescimento, colonização e nodulação de mudas de acácia inoculadas com fungo MVA (CM) ou não (SM) em função de doses de P, aos 110 dias após o transplante (média de 3 repetições).

Parâmetros	Doses de P, ag/kg solo					Regressão R ²	
	0	30	60	120	480		
altura, cm	10,72	23,62	30,57	29,88	28,54	CR	0.78**
diâmetro, cm	0,14	0,39	0,43	0,45	0,39	CR	0.78**
matéria seca da raiz, g/vaso	0,18	2,33	3,15	3,48	2,38	CR	0.61**
relação raiz/ parte aérea	0,18	0,27	0,30	0,39	0,29	Q	0.98**
colonização ⁽¹⁾	27	23	20	23	23		
nódulos ⁽²⁾	0	9	11	12	10	CR	0.81**

Q= modelo quadrático $Y = a \pm bx \pm cx^2$

CR= modelo cúbico-raiz $Y = a \pm bx^{0.5} \pm cx \pm dx^{1.5}$

**= significativo à nível de 1% pelo teste F

1) arco seno $\sqrt{x/100}$

2) $\sqrt{x+1}$

Os teores de nutrientes na matéria seca da parte aérea da acácia foram influenciados pelas doses de P e pela inoculação com fungo MVA, não havendo efeito da inoculação apenas para P e S (Quadro 2, Figura 2). As mudas inoculadas apresentaram teores mais elevados de K e a aplicação de P resultou em teores mais elevados de P (Figura 2) e S (Quadro 2), em comparação ao tratamento sem adubação. Os teores de N, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn foram influenciados pelas doses de P e a inoculação com fungo MVA (Quadro 2). Os teores de N, Ca, Mg e Mn foram superiores nas

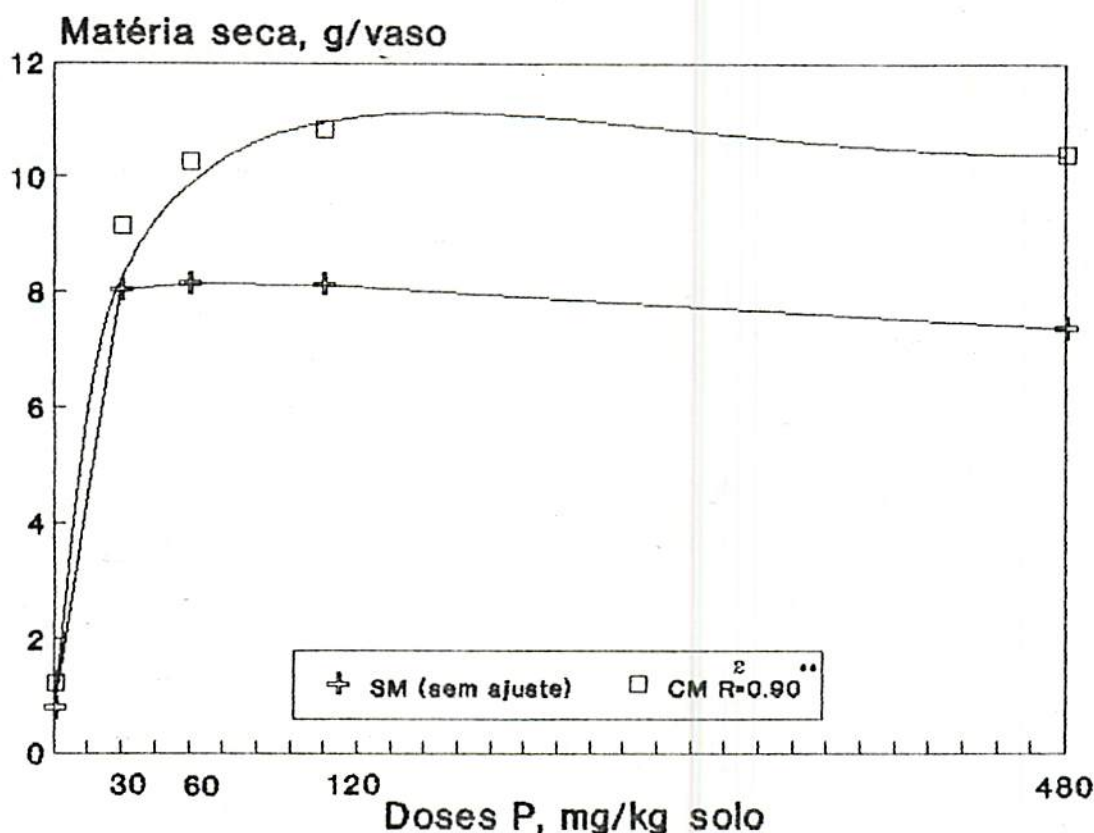


FIGURA 1. Matéria seca da parte aérea de mudas de acácia inoculadas com MVA (CM) ou não (SM) em função do P aplicado ao solo, aos 110 dias após o transplantio.

mudas inoculadas, a partir da dose de 60 mg P/kg solo. Os teores de Cu das mudas inoculadas foram inferiores às não inoculadas, na ausência de P. Independente da inoculação, os teores de N, Cu, Mn e Zn diminuíram com a aplicação das doses crescentes de P.

O efeito dos diferentes tratamentos e da fumigação do solo sobre os parâmetros vegetativos, nodulação e colonização da acácia (experimento 2) encontram-se no Quadro 3. Com exceção da produção de matéria seca das raízes, todas as demais variáveis foram influenciadas pela fumigação do solo, havendo forte interação entre os tratamentos aplicados e este tratamento de

QUADRO 2. Médias e ajustes de regressão para os teores de nutrientes na matéria seca da parte aérea de mudas de acácia inoculadas com fungo MVA (CM) ou não (SM) em função de doses de P, aos 110 dias após o transplante (média de 3 repetições).

Teor	MVA	Doses de P, mg/kg solo					Regressão	R ²
		0	30	60	120	480		
		----- % -----						
N	SM	3.2	2.6	2.4	2.3	2.6	CR	0.88**
	CM	2.7	2.2	3.0	2.5	2.7	s.a.	
K	SM	1.5	1.3	1.1	1.2	1.2	Q	0.92**
	CM	1.6	1.4	1.7	1.5	1.7	s.a.	
Ca	SM	1.5	1.1	0.9	1.0	1.2	CR	0.76**
	CM	1.1	0.9	1.0	1.1	1.4	CR	
Mg	SM	0.26	0.23	0.23	0.22	0.25	s.a.	0.91**
	CM	0.20	0.22	0.25	0.24	0.30	Q	
S		0.33	0.32	0.33	0.35	0.41	Q	0.96**
		----- ppm -----						
Cu	SM	18	8	6	5	6	CR	0.89**
	CM	12	8	7	6	6	CR	
Fe	SM	170	143	142	143	185	CR	0.50**
	CM	107	153	162	162	194	CR	
Mn	SM	101	46	47	48	51	CR	0.98**
	CM	63	38	62	57	61	s.a.	
Zn	SM	36	19	19	16	18	CR	0.86**
	CM	23	20	21	17	19	CR	

Q= modelo quadrático $Y = a + bx + cx^2$

CR= modelo cúbico-raiz $Y = a + bx^{0.5} + cx + dx^{1.5}$

s.a. = modelo ajustado não foi significativo

solo. O maior crescimento vegetativo expresso pela altura, diâmetro do colo, produção de matéria seca de raiz e parte aérea, foi obtido nos tratamentos que receberam adição de P e inoculação com fungo MVA. Estes parâmetros foram

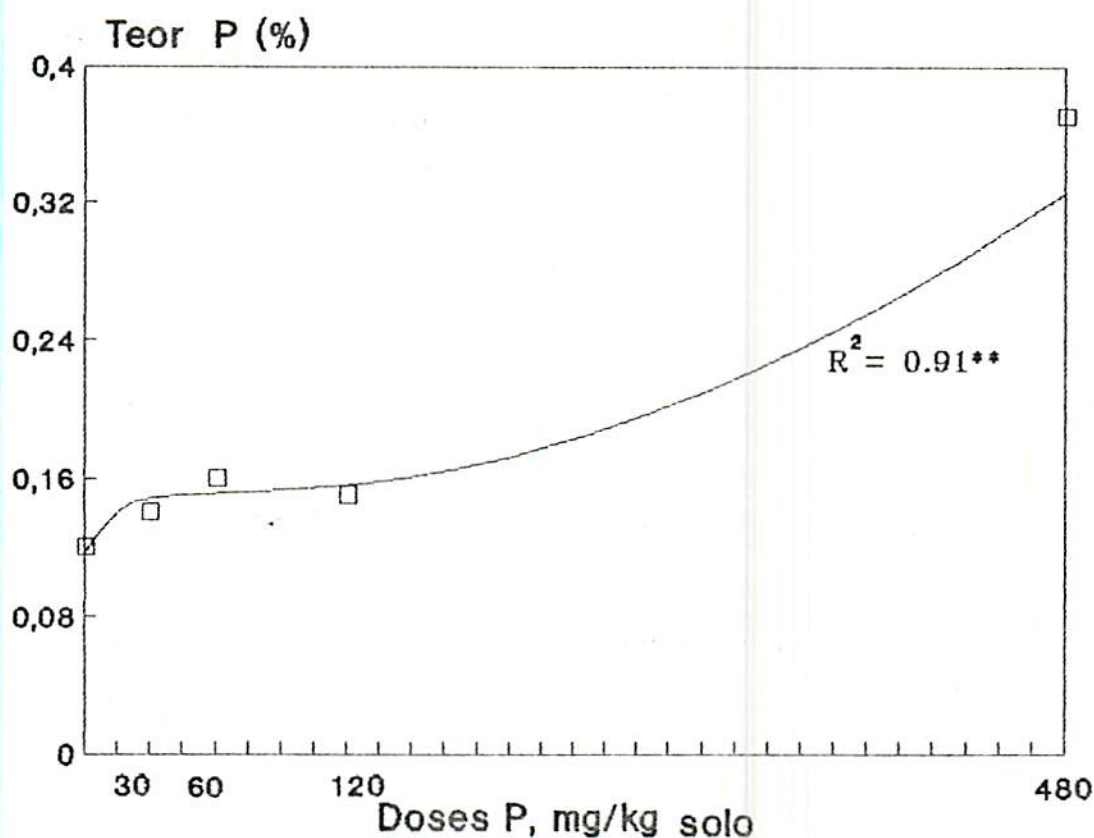


FIGURA 2. Teor de P na parte aérea de mudas de acácia em função do P aplicado ao solo, aos 110 dias após o transplante.

significativamente menores nos tratamentos testemunha, RM e NM. A produção de matéria seca da parte aérea obtida no tratamento NMP foi superior em até 24 vezes em relação à testemunha (Figura 3), indicando que o crescimento satisfatório das mudas neste solo só foi possível quando fornecido P e na presença de fungo MVA.

A relação raiz/parte aérea não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos aplicados, exceto para a testemunha do solo fumigado, que apresentou valor superior aos demais tratamentos (Quadro 3). A nodulação foi verificada apenas

QUADRO 3. Médias e testes de médias para os parâmetros de crescimento, colonização e nodulação de mudas de acácia em função da aplicação de N e P e da inoculação com rizóbio e fungo MVA, em solo fumigado (F) ou não (NF), 95 dias após o transplante (média de 5 repetições).

Parâmetros	Tratamentos								
	solo	test.	RM	NM	RP	NP	RNP	NMP	RNMP
altura, cm	NF	5.5 dA	12.0 dA	12.1 dA	26.6 cA	31.3 bA	34.4 aA	36.3 aB	33.9 abA
	F	11.0 dA	12.3 dA	10.8 dA	24.9 cA	32.1 bA	32.7 bA	39.9 aA	30.6 bA
diâmetro, cm	NF	0.12 eA	0.13 eA	0.10 eB	0.29 dB	0.37 cB	0.35 cB	0.51 aA	0.42 bA
	F	0.02 eA	0.14 dA	0.16 dA	0.35 cA	0.43abA	0.39bcA	0.47 aA	0.40 bA
materia seca de raiz, g/vaso		0.09 c	0.20 c	0.25 c	1.14 b	1.14 b	1.81 a	1.98 a	1.63 a
nódulos ⁽¹⁾	NF	0 eA	0 eA	0 eA	7 bA	2 eA	10 aA	2 dA	5 cA
	F	0 eA	0 eA	0 eA	5 cA	0 eA	8 aB	0 eA	0 eB
colonização ⁽²⁾	NF	6 dA	27 aA	21 bB	12 cA	18bcA	18bcA	18bcB	22abB
	F	0 cA	27 aA	34 aA	0 cB	0 cB	20 bA	30 aA	34 aA
relação raiz/ parte aérea	NF	0.29abB	0.48 aA	0.32abA	0.27abA	0.27abB	0.47aA	0.28abA	0.28abA
	F	1.96 aA	0.45 bA	0.46 bA	0.36 bA	0.43 bA	0.36bA	0.29 bA	0.25 bA

Médias seguidas de mesma letra (minúscula= compara tratamentos; maiúscula= compara NF x F) não diferem entre si à nível de 5% pelo teste de Duncan.

1) arco seno $\sqrt{x/100}$

2) $\sqrt{x+1}$

nos tratamentos que receberam a adição de P e inoculação com rizóbio e atingiram o máximo com a inoculação com fungo MVA. Os tratamentos NP e NMP apresentaram nodulação inferior aos tratamentos inoculados com rizóbio.

No solo não fumigado, a taxa de colonização foi maior no tratamento RM, que não diferiu significativamente do RNMP (Quadro 3). No solo fumigado, não se verificou colonização na ausência de inoculação com fungos MVA. No solo não fumigado, a colonização

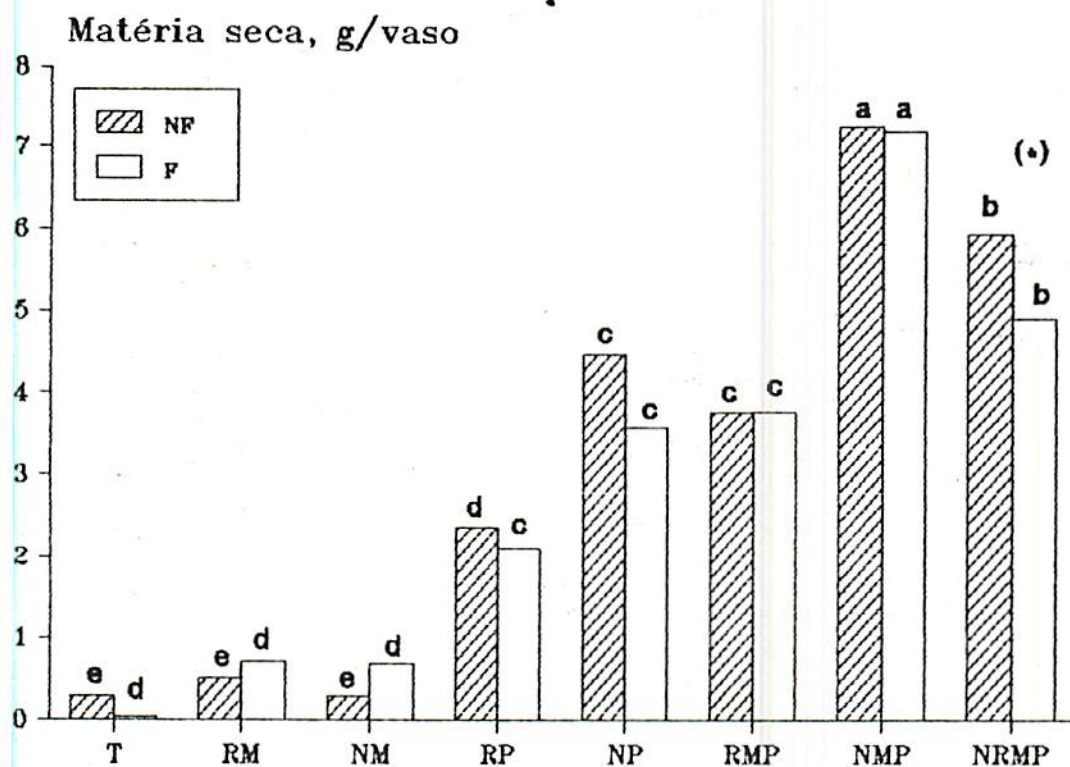


FIGURA 3. Matéria seca da parte aérea de mudas de acácia em função dos diferentes tratamentos, em solo fumigado (F) ou não (NF), aos 97 dias após o transplante (* = diferença significativa entre solos à nível de 5% pelo teste de Duncan).

dos tratamentos não inoculados foi proporcionada pelos fungos nativos do solo.

Os teores de nutrientes da matéria seca da parte aérea da acácia, em função dos diferentes tratamentos e da fumigação do solo, encontram-se no Quadro 4 e Figura 4. Houve interação significativa entre os tratamentos e a fumigação para todos os nutrientes. Com exceção do N, os teores dos demais nutrientes nas mudas do tratamento RM, no solo fumigado, não foram obtidas por falta de material para análise.

QUADRO 4. Médias e testes de médias para os teores de nutrientes na parte aérea da acácia em função da aplicação de N e P e da inoculação com rizóbio e fungo NVA, no solo fumigado(F) ou não(NF), aos 95 dias após o transplante (média de 5 repetições).

Teor	solo	Tratamentos							
		test.	RM	NM	RP	NP	RMP	NMP	RNMP
----- % -----									
K	NF	1.3 aA	1.2 ab	1.2 abA	1.0 bcdA	1.2 abcA	1.0 cdA	0.6 dA	1.2 abcA
	F	0.8 cB	-	1.2 abA	1.3 aA	1.2 abA	1.0 bcA	1.1 bA	1.1 bA
Ca	NF	1.5 aA	1.2 b	1.0 bB	1.1 bA	1.1 bA	1.1 abA	1.3 abA	1.1 bA
	F	1.0 dB	-	1.6 abA	1.0 dA	1.3 cA	1.4 bcA	1.6 abA	1.8 aA
Mg	NF	0.33aA	0.26b	0.29abB	0.25 bA	0.26 bA	0.25bA	0.28bA	0.28 bA
	F	0.24cB	-	0.32 aA	0.26bcA	0.28abcA	0.29abA	0.31aA	0.32 aA
S	NF	0.36cA	0.40ab	0.41abcB	0.39abcB	0.37bcB	0.37bcB	0.38abcB	0.39abcB
	F	0.38bA	-	0.45aA	0.44aA	0.44aA	0.43aA	0.43aA	0.44aA
----- ppm -----									
Cu	NF	12bA	10bc	18aA	12bA	11bcA	5dA	8cdA	6dA
	F	4bB	-	9aB	7aB	11aA	7abA	6abA	9aA
Fe	NF	183aA	168a	143aA	184aA	142aA	146aA	167aA	142aB
	F	109bB	-	157abA	156abA	181aA	162abA	162abA	205aA
Mn	NF	106aA	72b	41bA	45bA	61bA	46bA	71bA	62bA
	F	41aA	-	40abA	59aA	60aA	68aA	61aA	41aA
Zn	NF	30abA	33a	23dB	29abcA	28abcA	22dA	26bcdA	25cdA
	F	21cA	-	42aA	27bA	20cB	19cB	21cA	26cA
----- mg/planta -----									
N total	NF	11dA	18dA	11dA	83cB	102cA	87cA	140bA	184aA
	F	16dB	24dA	23dA	143bA	66cB	86cB	213aA	232aA

Médias seguidas de mesma letra (minúscula= compara tratamentos; maiúscula= compara NF x F) não diferem entre si à nível de 5% pelo teste de Duncan.

Os maiores teores de N no solo não fumigado foram obtidos nos tratamentos testemunha, RM, NM e RP e no solo fumigado, nos tratamentos NM e RP (Figura 4). O maior acúmulo de N foi observado no RNMP, no solo não fumigado e no NMP e RNMP, no solo

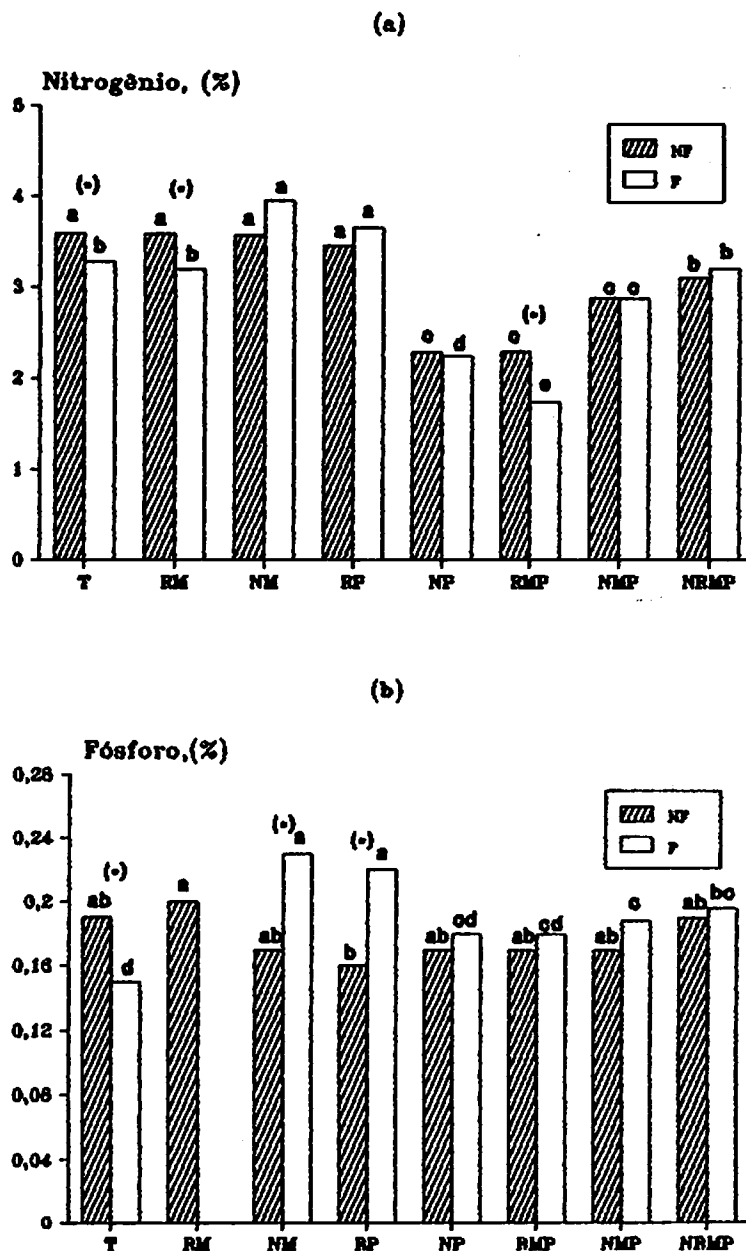


FIGURA 4. Teores de N (a) e P (b) na parte aérea de mudas de acácia em função dos diferentes tratamentos, em solo fumigado (F) ou não (NF), aos 97 dias após o transplante (* = diferença significativa entre solos à nível de 5% pelo teste de Duncan).

fumigado (Quadro 4). Quanto ao teor de P, não houve diferença entre os tratamentos no solo não fumigado, com exceção do tratamento RM, que apresentou teor superior ao tratamento RP

teores de P superiores aos demais. Verifica-se que os teores dos demais nutrientes apresentaram respostas diferenciadas em função dos tratamentos aplicados (Quadro 4). De modo geral, a testemunha, RM e NM, foram os tratamentos que proporcionaram menor resposta em produção de matéria seca da parte aérea e apresentaram teores iguais ou superiores aos tratamentos NMP e RNMP.

A elevada resposta da acácia ao P aplicado, em ambos os experimentos, demonstra a importância deste nutriente para o crescimento inicial de mudas desta espécie e confirma a baixa disponibilidade de P no solo (1 ppm, Mehlich-1). Os menores incrementos de resposta obtidos nas doses acima de 30 mg P/kg solo, indicam que esta espécie é capaz de apresentar uma elevada resposta em crescimento com a adição de pequenas doses de fertilizante fosfatado. Doses mais elevadas não exerceram efeito depressivo sobre as mudas e as respostas seguiram um modelo cúbico-raiz, sem atingir um ponto de máxima resposta (Quadro 1, Figura 1).

Poucas informações são disponíveis a respeito do requerimento nutricional do gênero *Acacia* e os estudos que enfocam a resposta ao P apresentam resultados inconsistentes. SUN et al. (1992) verificaram que a resposta da *A. mangium* ao P pode variar entre genótipos, sendo esta resposta máxima a uma dose de 10 mg P/kg solo e decrescente a partir de 30 mg P/kg solo, corroborando os resultados aqui apresentados e aqueles de COLONNA et al. (1991) e MAESTRI et al. (1987). DIAS et al. (1990), no entanto, verificaram uma resposta linear à aplicação de 570 mg P/kg solo para esta mesma espécie.

O crescimento do gênero *Acacia* obtido com a adição de pequenas doses de P pode ser um dos fatores que contribui para a sua boa adaptabilidade em áreas de baixa fertilidade natural ou degradadas. Segundo Estados Unidos, citado por DIAS et al.(1990), a acácia ocorre naturalmente em solos ácidos e em concentrações no solo tão baixas quanto 0.2 mg P/kg solo. De acordo com Vitousek, citado por WARING & SCHELESINGER (1985) as espécies arbóreas de florestas tropicais parecem ter alta eficiência de uso de P, particularmente onde o mesmo é limitante, através de mecanismos de conservação interna e/ou pela presença de associações micorrízicas.

A inoculação com rizóbio e fungo MVA, bem como o fornecimento de N, não foram capazes de suprir as necessidades nutricionais das mudas nesse solo, a menos que fosse fornecido P, conforme se verificou no experimento 2 (Quadro 3). Os aumentos obtidos nos tratamentos que receberam P, já nas doses iniciais (Quadro 1), confirmam a importância deste nutriente no crescimento, conforme verificado para a altura, diâmetro do colo e matéria seca das raízes e parte aérea, em ambos os experimentos.

A adição de P no solo geralmente causa redução na colonização radicular (KORMANICK,1985; PAULA & SIQUEIRA,1986; FERNANDES et al.,1987; SILVEIRA,1990; HABTE & MANJUNATH, 1991 e SILVA & SIQUEIRA,1991), no entanto, isso não foi verificado no presente estudo. Embora as doses utilizadas não tenham causado inibição, o P disponível já na menor dose pode ter sido suficiente para reduzir os benefícios da inoculação e a dependência micorrízica da *A. mangium*, que é considerada

altamente dependente (COLONNA et al.,1991). A colonização também não foi afetada pela inoculação com *G. etunicatum* quando não fumigado o solo, o que indica a alta infectividade do mesmo, causada pelos fungos nativos. Apesar disso, houve efeito da inoculação com *G.etunicatum* mesmo em solo não fumigado.

Conforme se verifica no Quadro 3, as taxas de colonização do solo fumigado foram da mesma ordem que as obtidas no solo não fumigado, chegando a apresentar taxas significativamente superiores, o que demonstra a capacidade infectiva do *G. etunicatum* quando eliminados os endófitos nativos. A efetiva introdução de fungos MVA em solos não esterilizados é função da quantidade, bem como da qualidade do inóculo presente, segundo ABBOTT & ROBSON (1982) e MOSSE et al.(1982). A baixa infectividade natural do solo possibilita o bom estabelecimento dos fungos introduzidos, porém, a capacidade competitiva destes deve ser considerada, uma vez que mesmo quando introduzidos em alta densidade, o estabelecimento satisfatório pode não ocorrer (HOWELER et al.,1987 e PAULA & SIQUEIRA, 1987).

O benefício da inoculação com *G. etunicatum* foi mais evidente no experimento 2 (Quadro 3). A altura das plantas, a produção de matéria seca da parte aérea e raízes e o diâmetro do colo no solo não fumigado foram aumentados pela adição de P e atingiram seu máximo com a inoculação com fungo MVA, conforme os tratamentos RMP e NMP, mostrando a ação complementar entre a MVA e o fertilizante. O benefício nutricional parece ter sido o principal efeito do *G. etunicatum* para a acácia, agindo diretamente na absorção de nutrientes, notadamente o fósforo, que neste estudo se mostrou o mais limitante ao crescimento e ao

processo de fixação do N_2 , conforme SIQUEIRA & SAGGIN Jr.(1992).

O aumento do crescimento radicular e do diâmetro do colo devido à adição de P e à presença de MVA podem determinar a sobrevivência da muda. O diâmetro do colo é considerado a variável que melhor indica o padrão de qualidade das mudas, demonstrando estreita correlação com a porcentagem de sobrevivência das mesmas após o transplante (Sturium, citado por MONTEIRO, 1990). O crescimento radicular, por sua vez, é um fator preponderante no que diz respeito à maior exploração de nutrientes e água em áreas com limitações nutricionais e hídricas (PAULA & SIQUEIRA, 1987) e, conseqüentemente, ao maior crescimento da parte aérea. Desta maneira, a relação raiz/parte aérea pode ser aumentada pela presença de P, se o crescimento radicular for proporcionalmente mais expressivo que o da parte aérea, conforme se verificou no experimento 1 (Quadro 1) ou diminuída, se a parte aérea for favorecida (SMITH,1980). Verifica-se no experimento 2 (Quadro 3), que a baixa disponibilidade de fósforo, agravada pela eliminação dos endófitos nativos, limitou o crescimento da parte aérea da testemunha do solo fumigado, o que resultou em uma elevada relação raiz/parte aérea.

Segundo MONTEIRO (1990) e EMBRAPA (1992), as espécies que apresentam maior relação raiz/parte aérea não seriam adequadas para a recuperação de áreas degradadas, uma vez que necessitariam de maiores investimentos de energia para a produção de raízes, retardando a cobertura inicial do solo. Em áreas de encostas, porém, onde a estabilização física do solo é prioritária, o maior

crescimento radicular é desejável.

A produção de nódulos foi marcadamente influenciada pela aplicação de P (Quadros 1 e 3). A nodulação não foi verificada na ausência de P, o que ressalta a importância do mesmo ao processo de fixação biológica do N_2 . O aumento do número e peso de nódulos e da atividade específica da nitrogenase em espécies florestais é frequentemente associado ao aumento da nutrição fosfatada (VIDOR et al., 1983; DOBEREINER, 1984 e SUN et al., 1992). O experimento 2 evidenciou o aumento do número de nódulos pela inoculação com fungo MVA. Este resultado parece indicar que os benefícios nutricionais promovidos pela MVA podem possibilitar o melhor estabelecimento da simbiose rizóbio-leguminosa, conforme SMITH & DAFT (1977) e CHANG et al. (1986), uma vez que a nitrogenase é dependente de ATP, requerendo, portanto, um elevado suprimento de P. O benefício obtido pode ser também resultante do melhor desenvolvimento geral da planta, além de possíveis efeitos secundários hormonais, decorrentes da associação micorrízica (BAREA & AZCON-AGUILAR, 1983).

O crescimento das mudas adubadas com 175 mg N/kg solo foi maior do que as inoculadas com rizóbio, com diferenças mais evidentes na matéria seca da parte aérea, onde os tratamentos com rizóbio apresentaram resultados inferiores em até 50% aos tratamentos com N (Quadro 3). No entanto, para a altura e o diâmetro do colo esta diferença foi consideravelmente menor, o que indica que a simbiose foi capaz de proporcionar um crescimento satisfatório das mudas.

Em relação à nutrição das mudas, verifica-se que os teores de nutrientes apresentaram respostas diferenciadas em função dos

tratamentos aplicados. No experimento 1, os teores seguiram, em geral, um modelo cúbico-raiz, sem atingir um ponto de máximo (Quadro 2). Os teores de N foram aumentados pela inoculação com fungo MVA, dependendo da dose de P aplicada e os menores teores apresentados quando se adicionou P, em relação à testemunha, indicam um efeito de diluição, uma vez que os teores de N não acompanham o aumento na matéria seca da parte aérea, conforme JARREL & BEVERLY (1981) e MARSCHNER (1991). No experimento 2, o efeito de diluição é verificado igualmente nos tratamentos que receberam P e MVA (Quadro 4). No solo não fumigado, o NP e o NMP apresentaram diluição dos teores de N em relação aos tratamentos com rizóbio. Os teores de N obtidos nas mudas inoculadas com rizóbio indicam que o processo de fixação de N_2 foi eficiente em fornecer N às mudas, porém esses teores foram inferiores aos obtidos com a adubação nitrogenada quando se avalia a maior produção de matéria seca do NMP e conseqüentemente, o maior acúmulo de N nas mudas adubadas. Este resultado foi evidenciado durante a condução do experimento 2, no qual as mudas inoculadas com rizóbio apresentaram-se amareladas e com deficiência em N.

O teor de P foi pouco influenciado pelos tratamentos aplicados. No experimento 1 (Figura 3), a inoculação micorrízica não exerceu efeito sobre a absorção de P e o maior teor de P correspondeu à dose de 480 mg P/kg solo. Com exceção deste tratamento, os teores de P das mudas que apresentaram maior crescimento foram semelhantes aos da testemunha, o que sugere um efeito de diluição (SIQUEIRA & FRANCO, 1988; PAULA & SIQUEIRA, 1989). No experimento 2, a adição de P ao tratamento NM

também apresentou redução no teor de P, no solo fumigado, uma vez que este tratamento apresentou maior produção de matéria seca (Figura 4). A redução nos teores de P em função da MVA parece resultar também de um efeito de diluição, o que concorda com o observado por MONTEIRO (1990), para mudas de bracatinga inoculadas com *Gigaspora margarita*.

O teor de K foi variável com o tratamento aplicado. No experimento 1 (Quadro 2), a inoculação micorrízica favoreceu a absorção de K e a absorção de Ca e Mg, dependendo da dose de P aplicada, ao passo que no experimento 2 (Quadro 4), houve diluição dos teores de K e Ca, no solo não fumigado, nos tratamentos que apresentaram maior crescimento vegetativo pela adição de P e MVA.

O maior teor de S foi verificado com a aplicação de 480 mg P/kg solo, à semelhança do observado para o teor de P e a redução dos teores de Cu pela inoculação com fungo MVA foi dependente da dose de P aplicada (Quadro 2). A inoculação micorrízica aumentou os teores de Fe, Mn e Zn, dependendo da dose de P aplicada, em relação às mudas não inoculadas e a testemunha apresentou os teores mais elevados de Mn e Zn, indicando a diluição destes nutrientes com o aumento do crescimento das mudas. No experimento 2, os menores teores de S, Cu, Fe, Mn e Zn foram verificados nas mudas que apresentaram maior crescimento, em geral, com teores semelhantes à testemunha, indicando a diluição destes nutrientes no tecido das plantas.

Com base nos parâmetros vegetativos, conclui-se que a adição de pequenas doses de P proporcionou uma elevada resposta em crescimento da acácia e que esta resposta foi maximizada pela

inoculação das mudas com *Glomus etunicatum*. As doses de P aplicadas não foram suficientes para reduzir a resposta à inoculação micorrízica e a resposta à introdução do *Glomus* foi influenciada pela presença de fungos nativos do solo. A inoculação micorrízica favoreceu a absorção de alguns nutrientes e a inoculação com rizóbio não foi capaz de substituir a adubação nitrogenada, quanto ao crescimento e fornecimento de N.

4.2. Albizia

Os resultados de crescimento, nodulação e colonização das mudas da albizia, em função das doses de P e da inoculação micorrízica encontram-se no Quadro 5. Houve interação significativa entre as doses de P e a MVA para a matéria seca da parte aérea, relação raiz/parte aérea e diâmetro do colo. As mudas inoculadas com fungo MVA apresentaram maior produção de matéria seca da parte aérea, a partir da dose de 60 mg P/kg solo (Figura 5) e obteve-se resposta semelhante para o diâmetro do colo. A relação raiz/parte aérea foi menor nas mudas inoculadas, quando na presença de P. As mudas inoculadas apresentaram maior produção de matéria seca das raízes. A altura das plantas foi significativamente aumentada pela adição de P e não respondeu à inoculação com fungo MVA. Não houve efeito do *G. etunicatum* sobre a nodulação e não se verificou a presença de nódulos na testemunha, sem a aplicação de P. As doses de P não influenciaram a taxa de colonização radicular e as mudas inoculadas apresentaram valores superiores às não inoculadas. Para todas as

QUADRO 5. Médias e ajustes de regressão para os parâmetros de crescimento, colonização e nodulação de mudas de albizia inoculadas com fungo NVA(CM) ou não(SM) em função de doses de P, aos 110 dias após o transplante (média de 3 repetições).

Parâmetros	Doses de P, mg/kg solo					Regressão	R ²	
	0	30	60	120	480			
altura, cm	15.57	37.67	33.63	31.07	33.40	CR	0.63**	
diâmetro, cm	SM	0.17	0.52	0.43	0.38	0.42	CR	0.84**
	CM	0.16	0.38	0.53	0.50	0.68	CR	0.86**
matéria seca da raiz, g/vaso	SM	0.42	3.40	5.60	4.15	4.17	CR	0.61**
	CM	0.63	7.60	6.74	5.27	4.44	CR	0.76**
relação raiz/ parte aérea	SM	0.45	0.56	0.64	0.73	1.11	Q	0.93**
	CM	0.63	0.51	0.52	0.51	0.93	CR	0.92**
colonização ¹	SM	29	24	24	25	31		
	CM	41	40	37	45	32		
nódulos ²	0	6	10	8	5	CR	0.67**	

Q= modelo quadrático $Y = a \pm bx \pm cx^2$

CR= modelo cúbico-raiz $Y = a \pm bx^{0.5} \pm cx \pm dx^{1.5}$

**= significativo à nível de 1% pelo teste F

1) arco seno $\sqrt{x/100}$

2) $\sqrt{x+1}$

variáveis de crescimento analisadas, os maiores incrementos de resposta foram obtidos com a aplicação de 30 mg P/kg solo, sendo os demais incrementos proporcionalmente menores (Quadro 5).

Os teores de nutrientes obtidos na matéria seca da parte aérea da albizia, em função das doses de P e da inoculação micorrízica, são apresentados no Quadro 6. As mudas inoculadas apresentaram menores teores de S e Mn. A aplicação de P reduziu os teores de N, K e Zn e aumentou os teores de P e S, dependendo da dose de P aplicada. Na FIGURA 6 são apresentados os teores de

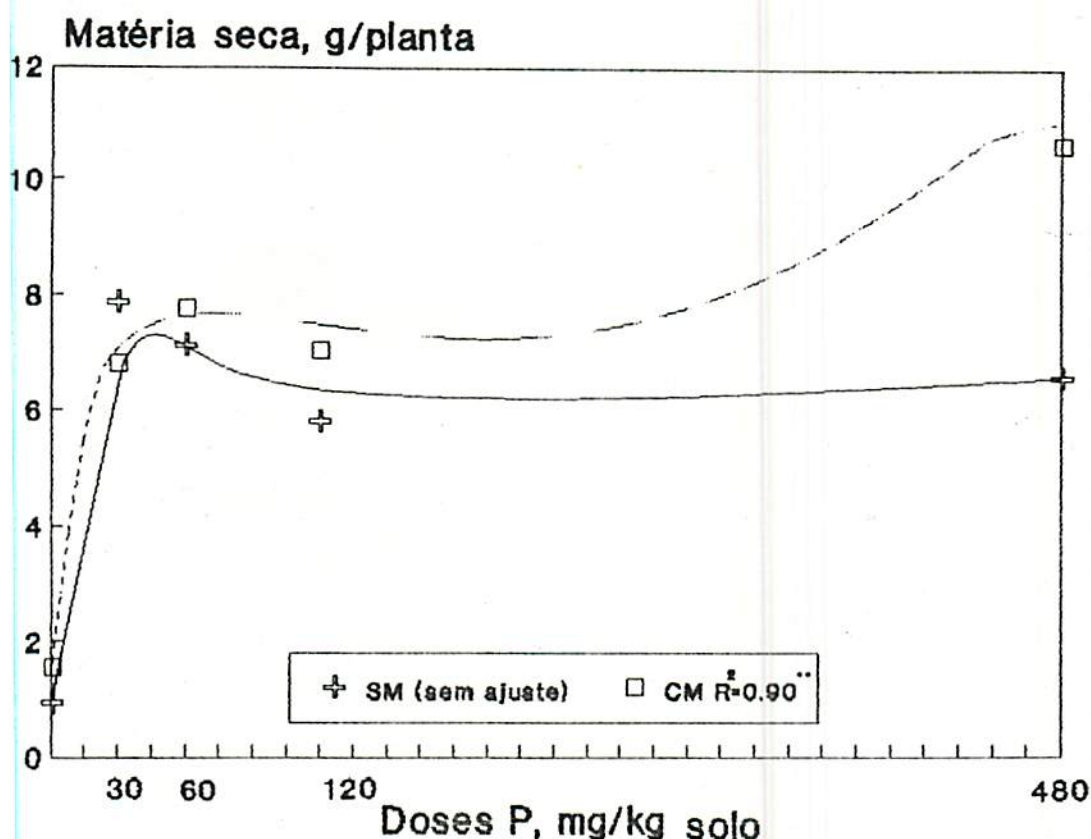


FIGURA 5. Matéria seca da parte aérea de mudas de albizia inoculadas com fungo MVA (CM) ou não (SM) em função do P aplicado ao solo, aos 110 dias após o transplante.

N e P. Houve interação significativa entre as doses de P e a MVA para os teores de Ca, Mg, Cu e Fe, com as mudas inoculadas apresentando resultados variáveis com a dose de P aplicada.

O efeito dos diferentes tratamentos e da fumigação do solo sobre os parâmetros vegetativos, nodulação e colonização da albizia encontram-se no Quadro 7. Houve interação significativa entre os tratamentos e a fumigação para todos os parâmetros analisados. A produção de matéria seca da parte aérea e raízes, altura e diâmetro do colo foram menores nos tratamentos

QUADRO 6. Médias e ajustes de regressão para os teores de nutrientes na matéria seca da parte aérea de mudas de albizia inoculadas com fungo MVA (CM) ou não (SM) em função de doses de P, aos 110 dias após o transplante (média de 3 repetições).

Teor	MVA	Doses de P, mg/kg solo					Regressão	R ²
		0	30	60	120	480		
----- % -----								
N		5.1	2.8	3.3	3.1	3.0	CR	0.70**
P		0.12	0.17	0.19	0.20	0.24	CR	0.79**
K		1.3	1.0	0.9	1.0	1.0	CR	0.41*
Ca	SM	1.5	2.2	2.6	2.9	3.4	Q	0.94**
	CM	1.7	2.7	3.2	3.2	2.6	CR	0.75**
Mg	SM	0.26	0.31	0.37	0.41	0.46	Q	0.99**
	CM	0.24	0.38	0.36	0.38	0.36	CR	0.83**
S	SM	0.37	0.34	0.41	0.46	0.39	n.s.	
	CM	0.35	0.27	0.40	0.38	0.36	n.s.	
----- ppm -----								
Cu	SM	8	14	11	12	11	n.s.	
	CM	9	8	7	9	8	CR	0.56*
Fe	SM	200	216	196	213	314	CR	0.67**
	CM	149	188	249	228	183	CR	0.51*
Mn	SM	72	54	46	45	76	CR	0.92**
	CM	47	41	45	44	49	n.s.	
Zn		21	16	15	15	15	CR	0.49*

Q= modelo quadrático $Y = a + bx + cx^2$

CR= modelo cúbico-raiz $Y = a + bx^{0.5} + cx + dx^{1.5}$

n.s. = modelo ajustado não foi significativo

*, ** = significativo à nível de 5 e 1% pelo teste F, respectivamente

testemunha, RM e NM e não foi verificada a presença de nódulos nestes tratamentos. Os parâmetros citados apresentaram aumentos

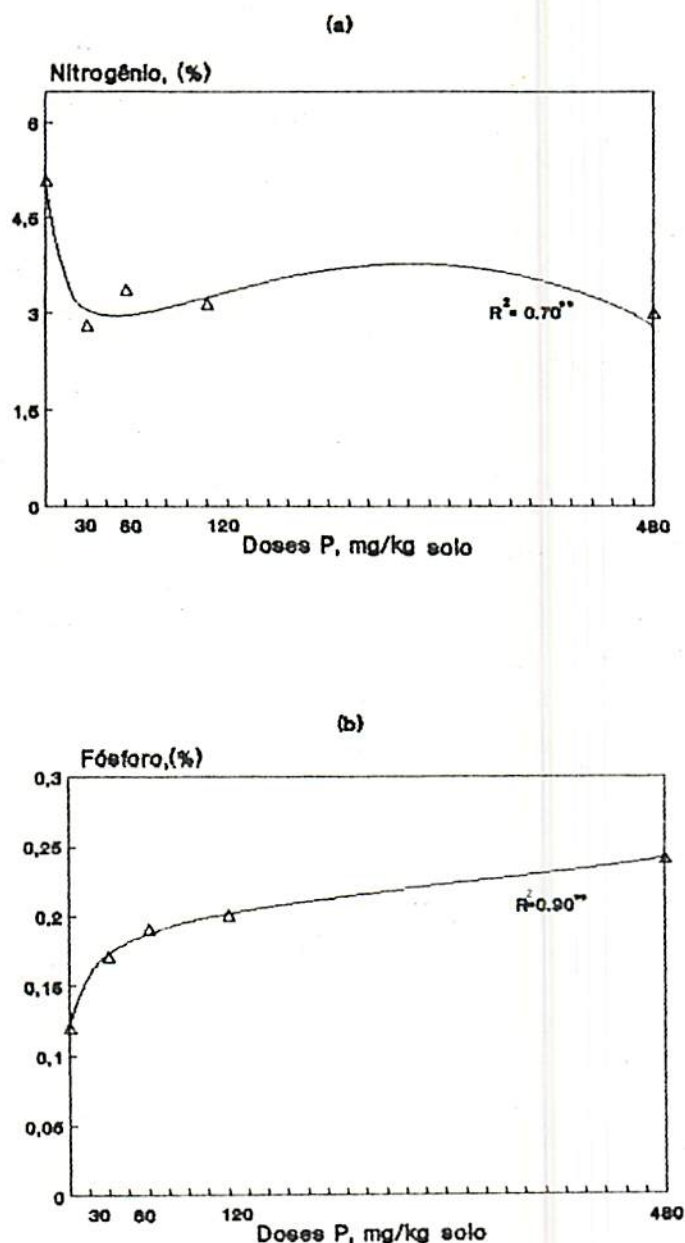


FIGURA 6. Teores de N (a) e P (b) na parte aérea de mudas de albizia em função do P aplicado ao solo, aos 110 dias após o transplante.

significativos com a adição de P, notadamente em relação aos tratamentos RM e NM. No entanto, no solo fumigado, a presença de P nos tratamentos RP e NP não proporcionou aumentos significativos em relação à testemunha, RM e NM. Verifica-se que

QUADRO 7. Médias e testes de médias para os parâmetros de crescimento, colonização e nodulação de mudas de albizia em função da aplicação de N e P e da inoculação com rizóbio e fungo MVA, em solo fumigado (F) ou não (NF), 95 dias após o transplântio (média de 5 repetições).

Parâmetros	Tratamentos								
	solo	test.	RM	NM	RP	NP	RMP	NMP	RNMP
altura, cm	NF	15.7 cA	17.4bcA	15.2 cA	25.2bcA	42.7 aA	26.9 bA	38.9 aB	47.8 aA
	F	15.9 dA	18.1cdA	17.5cdA	20.3cdA	24.34cdA	27.2bcA	36.4 bA	54.1 aA
diâmetro, cm	NF	0.20 cA	0.17 cA	0.16 cB	0.47abA	0.36 bA	0.37 bA	0.43 bA	0.56 aA
	F	0.15 bA	0.19 bA	0.14 bA	0.26 bB	0.23 bB	0.41 aA	0.45 aA	0.53 aA
matéria seca de raiz, g/vaso	NF	0.30 dA	0.29 dA	0.20 dA	0.95 cA	1.46 bA	1.28 bA	1.74 aA	1.88 aA
	F	0.24 dA	0.30 dA	0.21 dA	0.50 dA	0.48 dB	1.27 cA	2.20 aA	1.85 bA
relação raiz/ parte aérea	NF	0.55 aB	0.54 aA	0.51abA	0.47abcA	0.34cdB	0.45abcA	0.37abcA	0.26 dA
	F	0.87 aA	0.45bcdA	0.51bcA	0.57 bA	0.50bcA	0.45bcdA	0.39 cdA	0.33 dA
nódulos ¹	NF	0 dA	0 dA	0 dA	4 b bA	0 dA	9 aA	0 eA	3 cA
	F	0 bA	0 bA	0 bA	0 bB	0 bA	7 aB	0 bA	2 bA
colonização ²	NF	9 dA	29 abA	33 aA	32 aA	19bcA	25abcA	25abcA	17 cB
	F	0 cA	20 bA	24 bA	0 cB	0 cB	22 bA	35 aA	33 aA

Médias seguidas de mesma letra (minúscula= tratamentos; maiúscula= NF x F) não diferem entre si à nível de 5% pelo teste de Duncan.

1) $\sqrt{x+1}$

2) arco seno $\sqrt{x/100}$

o maior crescimento vegetativo foi obtido nos tratamentos que receberam P e inoculação com fungo MVA, em relação à produção de matéria seca da parte aérea e raízes, a altura das plantas e o diâmetro do colo, notadamente em relação ao solo fumigado. A produção de matéria seca da parte aérea obtida no tratamento RNMP foi superior à testemunha em até 20 vezes (FIGURA 7), o que indica que a adição de P, aliada à presença do fungo MVA nativo ou introduzido, foi o tratamento que promoveu o melhor

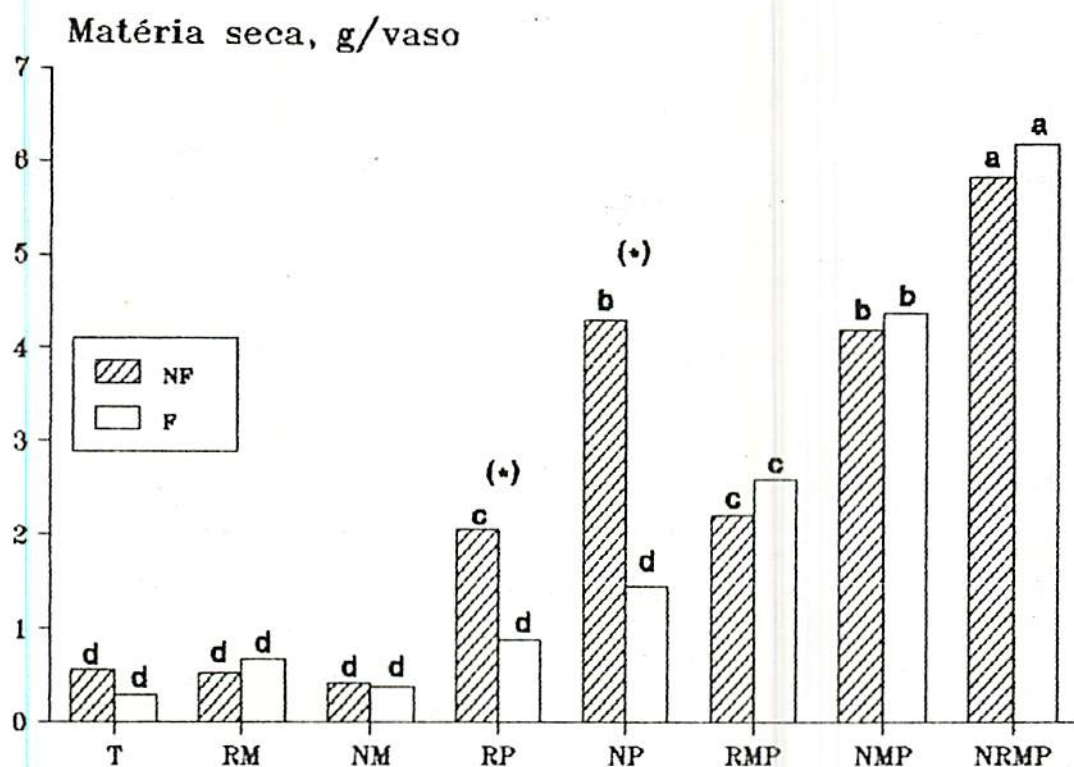


FIGURA 7. Matéria seca da parte aérea de mudas de albizia em função dos diferentes tratamentos, em solo fumigado (F) ou não (NF), aos 97 dias após o transplante (* = diferença significativa entre solos à nível de 5% pelo teste de Duncan).

crescimento das mudas neste solo.

A relação raiz/parte aérea obtida no tratamento RM foi superior ao RNMP e NP, no solo não fumigado (Quadro 7). No solo fumigado, a maior relação foi apresentada pela testemunha. A nodulação foi verificada apenas nos tratamentos com rizóbio e adição de P, sendo significativamente aumentada pela inoculação com fungo MVA e reduzida pela adição de N (Quadro 7). No entanto, no solo fumigado não se verificou a presença de nódulos no

tratamento RP.

A maior taxa de colonização no solo não fumigado foi apresentada nos tratamentos NM e RP, superando a testemunha, o NP e RNMP. No solo fumigado, não houve colonização nos tratamentos que não receberam inoculação com o fungo MVA e as maiores taxas foram obtidas nos tratamentos RNMP e NMP.

Os teores de nutrientes da parte aérea da albizia obtidos no experimento 2, encontram-se no Quadro 8. Houve interação significativa entre os tratamentos e a fumigação para todos os parâmetros. Com exceção do N, os teores dos demais nutrientes do tratamento RM não foram obtidos por falta de material para análise.

Os teores de N e P são apresentados na Figura 8. Verifica-se que o maior teor de N foi obtido no tratamento NM, no solo não fumigado. No solo fumigado, os maiores teores de N foram obtidos nos tratamentos NM e RP e o maior acúmulo de N foi verificado no RNMP e NMP (Quadro 8). O teor de P do tratamento RP superou o RM e NMP, no solo não fumigado e o tratamento NM apresentou o maior teor no solo fumigado.

Quanto aos teores dos demais nutrientes, houve um efeito diferenciado em função do tratamento aplicado e da fumigação do solo (Quadro 8). De modo geral, os teores obtidos nos tratamentos testemunha, RM e NM, que produziram menos matéria seca da parte aérea, apresentaram teores semelhantes ou superiores àqueles obtidos nos tratamentos que promoveram maior crescimento.

Conforme verificado nos dois experimentos, a albizia apresentou uma elevada resposta à aplicação de P. A baixa disponibilidade de P no solo original (1 ppm, Mehlich-1) mostrou

QUADRO 3. Médias e testes de médias para os teores de nutrientes na parte aérea da albizia em função da aplicação de N e P e da inoculação com rizóbio e fungo MVA, no solo fumigado (F) ou não (NF), aos 95 dias após o transplante (média de 5 repetições).

Teor	solo	Tratamentos							
		test.	RM	NM	RP	NP	RMP	NMP	RNMP
----- % -----									
K	NF	1.2 aA	1.0bcd	1.0bcdB	1.2 abA	1.1abcA	1.1abcA	0.9 cdA	1.0 cdA
	F	1.0 aA	-	1.2 aA	1.0 abB	0.7 bB	1.1 aA	1.0 aA	1.0 aA
Ca	NF	0.8 dB	1.0 d	1.0 dA	1.8 abA	1.4 cA	2.0 aA	1.5 bcA	1.6 bcA
	F	1.3abA	-	1.1 bA	1.3 abB	1.6 aA	1.3 abB	1.2 bB	1.4 abA
Mg	NF	0.21cB	0.29ab	0.28abA	0.30abA	0.30abA	0.33aA	0.27bA	0.28abA
	F	0.30aA	-	0.17 cB	0.24 bB	0.25 bB	0.27abB	0.24bA	0.25 bA
S	NF	0.46abcA	0.45abc	0.40 bcA	0.49 aA	0.45abA	0.39 ca	0.40 bcA	0.30 dA
	F	0.28cB	-	0.31 cA	0.52 aA	0.40bA	0.37 bA	0.39 bA	0.32 cA
----- ppm -----									
Cu	NF	6bcA	5 c	4cB	9aB	9aA	9aA	7abA	7bA
	F	5dA	-	18aA	15bA	10cA	6dB	7dA	6dA
Fe	NF	157aB	122a	112aA	213aA	188aA	203aA	176aA	175aA
	F	339aA	-	185bcA	324abA	180bcA	256abA	223abcA	284abA
Mn	NF	86abA	79ab	82abA	67bA	80abA	60bcA	47cA	36cB
	F	50abB	-	54abB	74aA	53abB	78aA	54abA	70aA
Zn	NF	22aA	18a	20aA	22aA	23aA	20aB	17aB	20aA
	F	24abcA	-	25abcA	18dA	20cdA	26abA	30aA	21bcdA
----- mg/planta -----									
N total	NF	4cA	17cA	32cA	79bA	108bA	93bB	192aA	221aA
	F	15dA	39cdA	25cdA	55cA	52cB	152bA	202aA	214aA

Médias seguidas de mesma letra (minúscula= tratamentos; maiúscula= NF x F) não diferem entre si à nível de 5% pelo teste de Duncan.

ser limitante ao crescimento desta espécie, no entanto, os menores incrementos de resposta obtidos nas doses acima de 30 mg P/kg solo indicam que a albizia possui um baixo requerimento de P

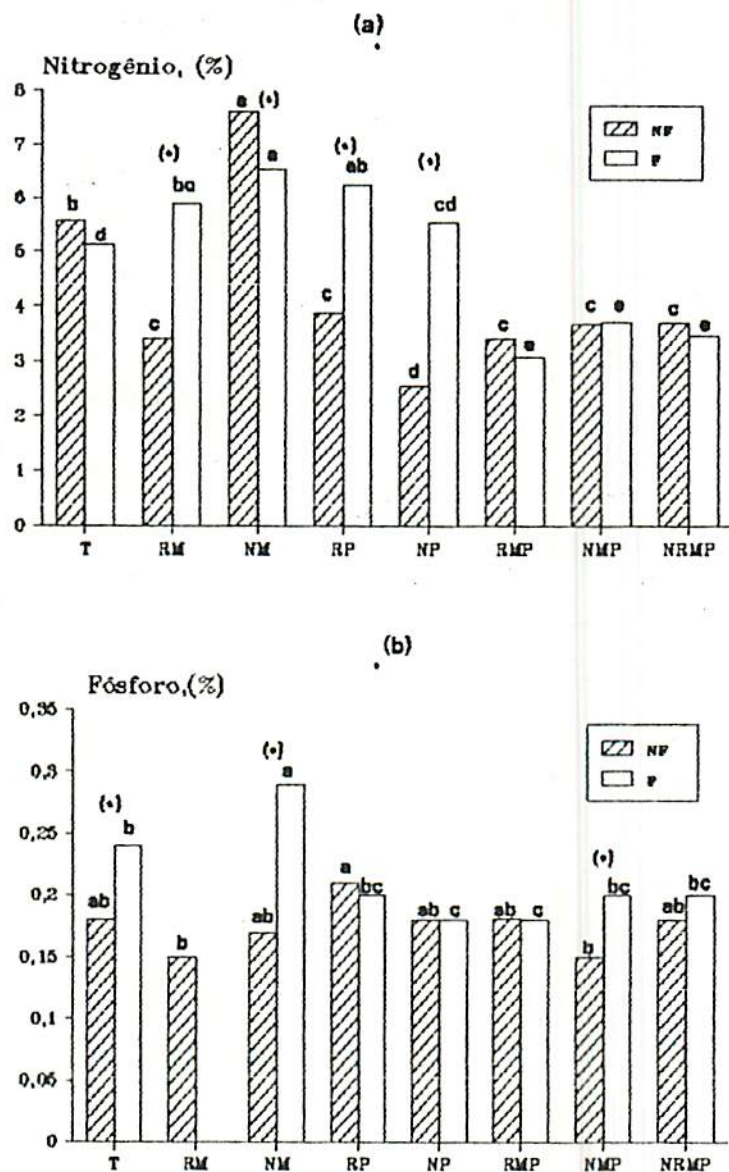


FIGURA 8. Teores de N (a) e P (b) na parte aérea de mudas de albizia em função dos diferentes tratamentos, em solo fumigado (F) ou não (NF), aos 97 dias após o transplante (* = diferença significativa entre solos à nível de 5% pelo teste de Duncan).

nesta fase do crescimento. O fornecimento de N e a inoculação com fungo MVA e rizóbio não supriram as necessidades nutricionais das mudas, pois o crescimento não diferiu da testemunha (Quadro 8). A elevada resposta ao P aplicado confirmou o efeito limitante do

mesmo para o crescimento inicial da albizia, conforme o verificado para a altura, o diâmetro do colo e a produção de matéria seca da parte aérea e raízes, em ambos os experimentos.

São ainda poucas as informações disponíveis sobre o requerimento nutricional do gênero *Albizia*. MOHAN et al. (1990) verificaram que a resposta à adição de nutrientes é variável com a espécie. MONTEIRO (1990) observou uma elevada resposta em crescimento da *A. lebbeck* com a adição de 40 mg P/kg solo. O baixo requerimento externo de P dessa espécie é confirmado pelos bons resultados obtidos na revegetação de áreas degradadas, ressaltando a sua elevada adaptabilidade a solos pobres e ácidos, com bom potencial para a produção de biomassa, conforme EMBRAPA (1992).

A colonização não foi inibida pela aplicação de P. No experimento 2, a dose de 120 mg P/kg solo não exerceu efeito depressivo sobre a colonização e, no solo fumigado, a colonização foi aumentada pela adição de P em relação ao tratamento NM (Quadro 7). O aumento da colonização com a adição de pequenas doses de P é também relatado para outras espécies vegetais (SIQUEIRA & COLLOZI-FILHO, 1986 e THOMSON et al., 1988) e parece estar relacionado ao maior desenvolvimento do sistema radicular, em resposta à elevação da fertilidade. O aumento da colonização pela inoculação com *G. etunicatum* foi refletida nos parâmetros de crescimento, conforme o QUADRO 5. As mudas inoculadas apresentaram maior produção de matéria seca da parte aérea, dependendo da dose de P aplicada e o ajuste do modelo cúbico-raiz indica que as doses crescentes não foram suficientes para reduzir a resposta da albizia à inoculação micorrízica (Figura 5). No

solo fumigado, não se verificou resposta à adição de P nos tratamentos RP e NP, só se obtendo resposta semelhante ao solo não fumigado quando se introduziu o *G.etunicatum* e o mesmo foi verificado para a altura, o diâmetro do colo e a produção de matéria seca das raízes. Neste caso, a eliminação dos endófitos nativos pela fumigação foi o fator mais limitante ao crescimento das mudas de albizia, indicando a elevada resposta desta espécie ao fungo MVA. Os resultados indicam que o benefício da MVA foi provavelmente resultante da melhoria do estado nutricional das mudas, por favorecer a aquisição de P, além de outros nutrientes. Esta resposta confirma que a dose de 120 mg P/kg solo não foi suficiente para reduzir a dependência micorrízica da albizia e que, eliminando-se os fungos nativos, o P disponível no solo não foi suficiente para promover um crescimento satisfatório das mudas.

No solo não fumigado, as mudas inoculadas com rizóbio ou que receberam N, apresentaram respostas à inoculação com fungo MVA apenas para a matéria seca das raízes, aumentada no tratamento RMP e NMP, mas os demais parâmetros de crescimento não foram afetados (Quadro 7). Isto indica que a efetividade e infectividade dos fungos MVA nativos foram suficientes para proporcionar respostas no crescimento da albizia. A menor resposta à inoculação com *G. etunicatum* no solo não fumigado no experimento 2 (Quadro 7) em relação ao experimento 1 (Quadro 5), indica que a introdução de uma espécie em um solo contendo propágulos de fungos MVA pode sofrer a influência das espécies indígenas, devido à competição por fotossintatos, o que levaria à

supressão de um fungo na presença de outro, conforme KITT et al. (1987). Segundo BAREA (1991) e KOIDE (1991), é difícil prever a efetividade das espécies fúngicas nativas e a influência destas sobre as espécies introduzidas, sendo a dominância de um fungo MVA no solo controlada pela sua sensibilidade à presença de microrganismos supressivos, como outras espécies de fungos MVA e hiperparasitas (KITT et al., 1987 e Hetrick et al., citados por SAGGIN Jr., 1992). Em solos deficientes em P, a taxa de infecção de fungos MVA é, em geral, alta e a introdução de outro fungo MVA requer alta densidade de inóculo, devido à competição (Sanders & Sheikh, citados por MARSCHNER, 1991). Nesse caso, a maior densidade de inóculo do experimento 1 (1200 esporos/vaso) pode ter contribuído para a maior resposta da albizia.

Os benefícios obtidos pela inoculação micorrízica em diâmetro do colo e matéria seca das raízes podem promover a maior sobrevivência das mudas, uma vez que o maior crescimento radicular predispõe à maior exploração do solo, em termos de nutrientes e água (BAREA, 1991; SIQUEIRA & SAGGIN Jr., 1992 e HAYMAN, 1983) e o maior diâmetro pode determinar o vigor da muda, determinando sua qualidade e capacidade de sobrevivência após o transplante (Sturium, citado por MONTEIRO, 1990). O aumento do crescimento promovido pela MVA pode alterar a distribuição de biomassa entre a parte aérea e a raiz. A matéria seca da parte aérea produzida no tratamento RNMP, proporcionalmente maior que a produção de raízes, parece confirmar o benefício micorrízico sobre o crescimento obtido, provavelmente pelo aumento de absorção e exploração do solo, além do aumento da capacidade absorptiva da raiz (MARSCHNER, 1991). BAREA (1991) relata que o

aumento da absorção de nutrientes promovida pelo fungo e a sua translocação, aumenta a utilização de fotossintatos pela parte aérea, o que representaria uma menor distribuição dos produtos da fotossíntese para as raízes, resultando em uma menor relação raiz/parte aérea nas plantas micorrizadas. Esta menor relação seria desejável para a revegetação de solos degradados (MONTEIRO, 1990 e EMBRAPA, 1992) por permitir um rápido estabelecimento e cobertura vegetal.

A nodulação foi dependente do P aplicado e da inoculação micorrízica, notadamente no solo fumigado (Quadro 7). Neste caso, as mudas não conseguiram adquirir eficientemente o P do solo, limitando a simbiose entre o rizóbio e a albizia devido ao alto requerimento de energia no processo de fixação do N_2 . O efeito da MVA parece ser resultante do aumento da nutrição da planta hospedeira ou ainda por um efeito direto na nodulação, além de outros efeitos não nutricionais, conforme BAREA & AZCON-AGUILAR (1983). A redução da nodulação pela adição de N é apontada por VIDOR et al. (1983) como uma resposta à baixa relação carboidrato/nitrogênio, uma vez que o N necessita de fotossintatos para a sua redução e assimilação, competindo com a fixação biológica.

A maior resposta obtida nos parâmetros de crescimento das mudas adubadas com 175 mg N/kg solo foi mais evidente no solo não fumigado. A menor diferença observada entre os tratamentos NP e RP no solo fumigado parece estar ligada à ausência do fungo MVA, indicando que as mudas não conseguiram adquirir eficientemente o N fornecido pela adubação, assim como foi observado para o P. O

rizóbio foi capaz de proporcionar um crescimento satisfatório em altura e diâmetro do colo na ausência de adubação nitrogenada, embora com menor produção de biomassa de parte aérea e raiz. No solo não fumigado, a resposta do RP e NP foi obtida pela presença dos fungos MVA nativos e a menor resposta das mudas inoculadas com rizóbio em relação às adubadas pode ter sido também resultante da competição com as estirpes nativas do solo (BAREA & AZCON-AGUILAR, 1983 e Rye & Schimdt, citados por DAVEY & WOLLUM, 1989).

Em relação aos teores de nutrientes, as respostas foram variáveis com os tratamentos aplicados e nas doses crescentes de P seguiram, em geral, um modelo cúbico-raiz, sem atingir um ponto de máxima resposta (Quadro 6). A redução dos teores de N nos tratamentos que produziram mais matéria seca, em relação à testemunha, indicam um efeito de diluição do mesmo (Figuras 6 e 8). No solo não fumigado, a inoculação com fungo MVA aumentou o teor de N no tratamento NP, indicando uma maior absorção do elemento, promovida pelo fungo. No solo fumigado, no entanto, o teor de N foi diluído pela inoculação com fungo MVA no tratamento NMP, uma vez que o teor de N não acompanhou a maior produção de matéria seca, conforme JARREL & BEVERLY (1981). O teor e acúmulo de N das mudas inoculadas com rizóbio indica que a simbiose foi efetiva e capaz de fornecer N adequadamente às mudas, porém, em menor proporção do que a adubação nitrogenada, na qual se obteve maior produção de matéria seca da parte aérea e maior acúmulo de N na parte aérea das mudas (Quadro 8). Essa diferença foi menor no solo fumigado em relação ao solo não fumigado. Isto indica que o rizóbio, ou a planta, sofreu algum tipo de influência dos

microrganismos nativos do solo.

O teor de P foi aumentado pelas doses de P aplicadas e as mudas que apresentaram maior crescimento (NMP e RMP) apresentaram os mesmos teores observados nos tratamentos NM e RM, indicando uma diluição do elemento com a adição de P e o mesmo foi observado no solo fumigado, quanto à inoculação com fungo MVA nos tratamentos NP e RP (Figura 8). A diluição é mais evidente em relação à testemunha, o que concorda com o observado por MONTEIRO (1990) para mudas de albizia adubadas com 40 mg P/kg solo e inoculadas com *Glomus macrocarpum*.

Os teores de K foram diluídos pela aplicação de P e pela inoculação com fungo MVA, em relação aos tratamentos que promoveram menor produção de matéria seca da parte aérea, no experimento 2. Os teores de Ca foram aumentados e os teores de Mg reduzidos pela inoculação com fungo MVA, sendo a resposta variável com a dose de P aplicada. Os teores de Ca dos tratamentos RM e NM foram aumentados pela adubação fosfatada no solo não fumigado e reduzidos no solo fumigado, tanto pela adição de P quanto pela inoculação com fungo MVA. Os teores de Mg foram diluídos com a aplicação de P no solo fumigado e pela aplicação de P e inoculação com fungo MVA no solo não fumigado, em relação à testemunha.

Os teores de S, Cu, Fe, Mn e Zn dos tratamentos que promoveram maior crescimento pela adição de P e pela inoculação com fungo MVA foram inferiores ou semelhantes à testemunha, indicando a diluição dos mesmos. A aplicação das doses de P aumentou os teores de S, Cu e Fe e as mudas micorrizadas

apresentaram menores teores destes elementos, variando a resposta com a dose de P aplicada. Os teores de Mn foram reduzidos pela inoculação com fungo MVA, conforme verificaram PAULA & SIQUEIRA (1987); FERNANDES & SIQUEIRA (1989) e SAGGIN Jr.(1992), para outras espécies vegetais e os teores de Zn foram reduzidos pela aplicação de P.

Os resultados apresentados permitem concluir que a albizia apresenta uma elevada resposta à adição de P, entre 30 e 60 mg P/kg solo e a inoculação com *Glomus etunicatum* proporcionou a maximização das respostas. As doses crescentes de P não reduziram a dependência micorrízica da albizia e a introdução do *Glomus* foi influenciada pelos fungos nativos do solo. A absorção de alguns nutrientes foi favorecida pela inoculação micorrízica e a inoculação com rizóbio foi menos eficiente que a adubação nitrogenada, em relação aos parâmetros de crescimento e fornecimento de N.

4.3. Angico amarelo

Os efeitos das doses de P e da inoculação micorrízica no crescimento e colonização do angico amarelo encontram-se no Quadro 9. Verifica-se que não houve efeito significativo para as doses de P e a inoculação com fungo MVA na taxa de colonização radicular. A produção de matéria seca da parte aérea foi significativamente afetada pelas doses de P e as mudas inoculadas com fungo MVA apresentaram maior produção que as não inoculadas (Figura 9). O angico não mostrou resposta adicional às doses acima

de 30 mg P/kg solo. As mudas inoculadas apresentaram maior altura e diâmetro do colo e a adição de P proporcionou aumentos significativos em relação à testemunha. A inoculação com rizóbio mostrou-se inefetiva para o angico, não se verificando a presença de nódulos. Houve interação significativa entre as doses de P e a MVA para a produção de matéria seca das raízes e para a relação raiz/parte aérea. A adição de P proporcionou aumentos significativos nestes parâmetros e as mudas inoculadas apresentaram maior produção de matéria seca das raízes que as não inoculadas. Para todas as variáveis de crescimento analisadas, os maiores incrementos de resposta foram obtidos com a aplicação de 30 mg P/kg solo, sendo os demais incrementos proporcionalmente menores.

Em relação aos teores de nutrientes obtidos na parte aérea do angico amarelo, no Quadro 10 são apresentados os efeitos das doses de P e da inoculação com fungo MVA. Verifica-se que todos os teores foram significativamente influenciados pelas doses de P e pela MVA, com exceção de Fe e Zn, no caso da inoculação. O teor de N foi, em geral, reduzido e o teor de P, aumentado pela aplicação das doses de P, em relação à testemunha, apresentando as mudas inoculadas valores inferiores às não inoculadas (Figura 10). Os teores de K e Ca foram reduzidos nas doses intermediárias de P e observou-se o aumento do teor de Mg na dose mais elevada. As mudas inoculadas apresentaram teores inferiores destes nutrientes em relação às não inoculadas. Os teores de S, Mn e Zn foram reduzidos pela aplicação de P e pela inoculação com fungo MVA, no caso do S e Mn. Os teores de Fe foram aumentados a partir da aplicação de 60 mg P/kg solo. Houve interação

QUADRO 9. Médias e ajustes de regressão para os parâmetros de crescimento, colonização e nodulação de mudas de angico amarelo inoculadas com fungo MVA (CM) ou não (SM) em função de doses de P, aos 95 dias após o transplante (média de 3 repetições).

Parâmetros	Doses de P, mg/kg solo					Regressão R ²		
		0	30	60	120	480		
altura, cm	SM	10,67	26.73	24.56	23.93	26.13	CR	0.63**
	CM	13.12	29.43	26.46	27.80	29.50	CR	0.63**
diâmetro, cm	SM	0.19	0.55	0.51	0.57	0.49	CR	0.87**
	CM	0.21	0.72	0.69	0.69	0.73	CR	0.94**
matéria seca da raiz, g/vaso	SM	0.24	2.93	2.16	3.13	3.02	CR	0.64**
	CM	0.18	4.04	3.44	4.37	4.33	CR	0.67**
relação raiz/ parte aérea	SM	0.20	0.30	0.25	0.38	0.33	Q	0.76**
	CM	0.16	0.28	0.30	0.34	0.31	CR	0.82**
colonização ¹		17	21	24	26	28		

Q= modelo quadrático $Y = a \pm bx \pm cx^2$

CR= modelo cúbico-raiz $Y = a \pm bx^{0.5} \pm cx \pm dx^{1.5}$

**= significativo à nível de 1% pelo teste F

1) arco seno $\sqrt{x/100}$

significativa entre as doses de P e a inoculação com fungo MVA para os teores de Cu. A aplicação de P reduziu os teores de Cu e as mudas inoculadas apresentaram, em geral, teores inferiores às não inoculadas. Independente da inoculação, os teores mais elevados de N, K, S, Mn e Zn foram verificados na testemunha, em relação aos tratamentos que receberam P.

O efeito dos diferentes tratamentos e da fumigação do solo sobre os parâmetros vegetativos e colonização do angico são apresentados no Quadro 11. Houve interação significativa entre os tratamentos e a fumigação para a produção de matéria seca da

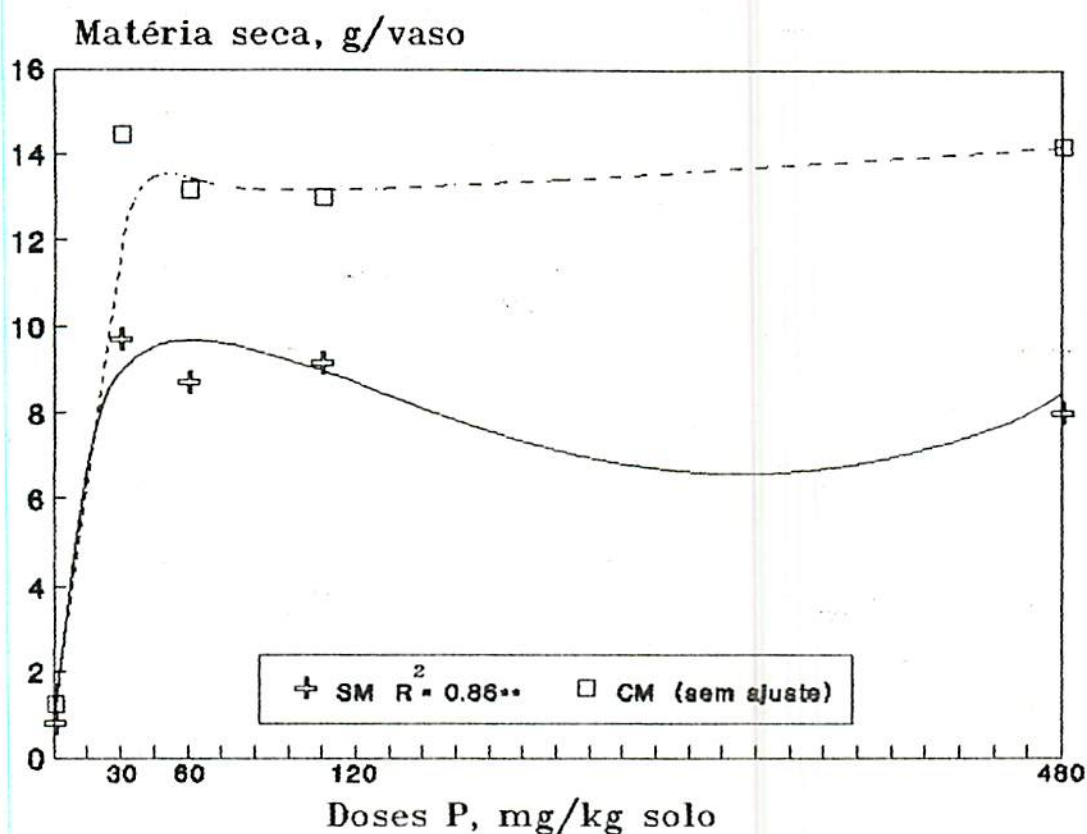


FIGURA 9. Matéria seca da parte aérea de mudas de angico amarelo inoculadas com fungo MVA (CM) ou não (SM) em função do P aplicado ao solo, aos 97 dias após o transplante.

parte aérea, altura e colonização. Os tratamentos que receberam P apresentaram aumentos significativos nestes parâmetros, notadamente em relação aos tratamentos RM e NM. No entanto, os tratamentos RP e NP, no solo fumigado, não apresentaram aumentos significativos em relação à testemunha, RM e NM. A produção de matéria seca da parte aérea e raízes, a altura das plantas e o diâmetro do colo foram maiores nos tratamentos que receberam a aplicação de P e inoculação com *G. etunicatum*. A produção de matéria seca da parte aérea nos tratamentos RNP, NMP e RNMP foi

QUADRO 10. Médias e ajustes de regressão para os teores de nutrientes na matéria seca da parte aérea de mudas de angico amarelo inoculadas com fungo MVA (CM) ou não (SM) em função de doses de P, aos 110 dias após o transplante (média de 3 repetições).

Teor	MVA	Doses de P, mg/kg solo					Regressão	R ²
		0	30	60	120	480		
-----x-----								
K	SM	1.4	0.9	1.0	1.0	1.3	CR	0.58**
	CM	1.3	0.8	0.7	0.7	0.9	CR	0.88**
Ca	SM	1.3	1.3	1.2	1.3	1.6	CR	0.67**
	CM	1.2	1.0	0.8	1.0	1.2	CR	0.89**
Mg	SM	0.16	0.19	0.16	0.17	0.22	CR	0.44*
	CM	0.12	0.15	0.13	0.13	0.18	s.a.	
S	SM	0.67	0.57	0.29	0.38	0.41	CR	0.65**
	CM	0.37	0.24	0.27	0.28	0.36	s.a.	
-----ppa-----								
Cu	SM	18	7	6	5	3	CR	0.89**
	CM	7	4	3	2	3	CR	0.91**
Fe		143	139	148	155	187	Q	0.97**
Mn	SM	61	36	37	48	43	CR	0.49*
	CM	36	29	30	30	34	CR	0.50*
Zn		26	16	19	17	18	CR	0.46*

Q= modelo quadrático $Y = a \pm bx \pm cx^2$

CR= modelo cúbico-raiz $Y = a \pm bx^{0.5} \pm cx \pm dx^{1.5}$

s.a. = modelo ajustado não foi significativo

*, ** = significativo à nível de 5 e 1% pelo teste F, respectivamente

aumentada em até 37 vezes em relação à testemunha (Figura 11).

A relação raiz/parte aérea foi maior nos tratamentos testemunha, NM e RM, independente da fumigação. A maior taxa de colonização, no solo não fumigado, foi obtida no tratamento RNMP.

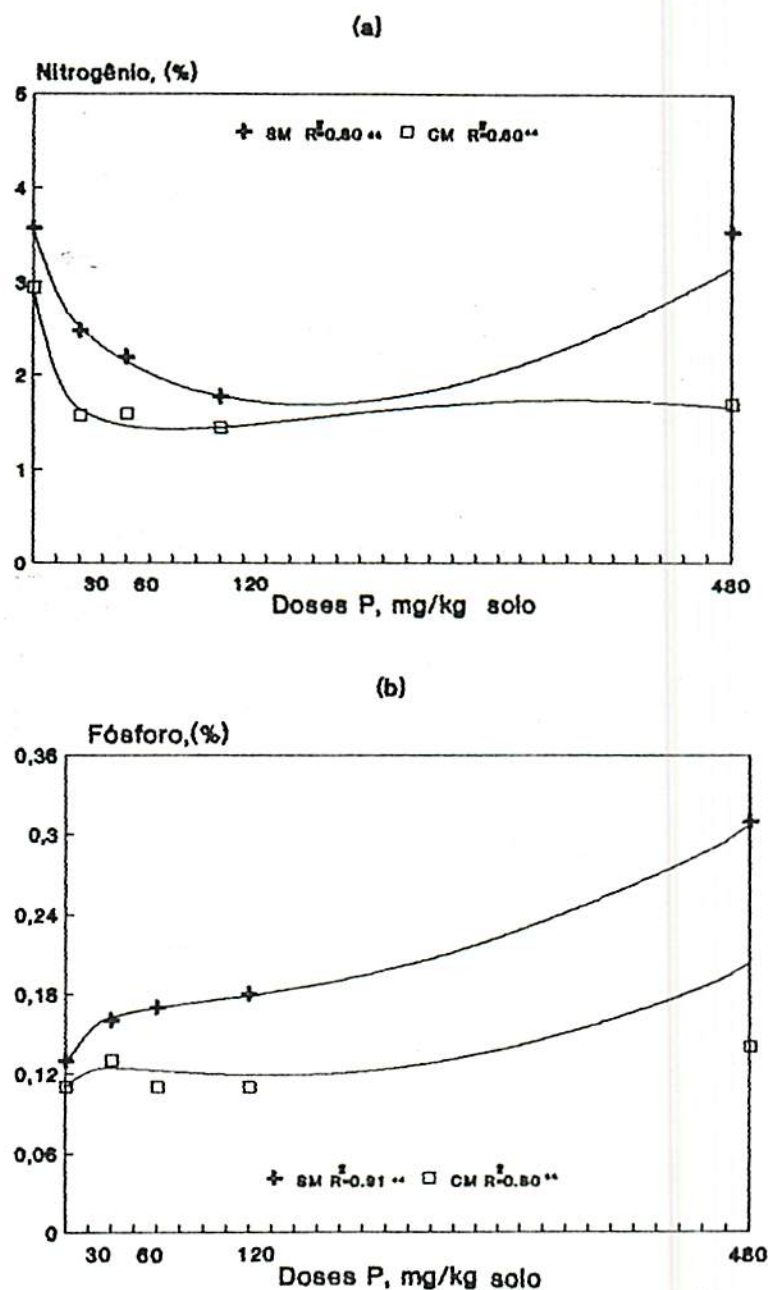


FIGURA 10. Teores de N (a) e P (b) na parte aérea de mudas de angico amarelo inoculadas com fungo MVA (CM) ou não (SM) em função do P aplicado ao solo, aos 75 dias após o transplante.

que não diferiu significativamente do RP e do RMP e superou os demais. No solo fumigado, não se observou colonização na ausência de inoculação com fungo MVA, sendo a maior taxa obtida no tratamento NMP, que não diferiu significativamente do RNMP e

QUADRO 11. Médias e testes de médias para os parâmetros de crescimento, colonização e nodulação de mudas de angico amarelo em função da aplicação de N e P e da inoculação com rizóbio e fungo MVA, em solo fumigado (F) ou não (NF), 95 dias após o transplante (média de 5 repetições).

Parâmetros	Tratamentos								
	solo	test.	RN	NN	RP	NP	RNP	NMP	RNMP
altura, cm	NF	10.5 dA	12.4 dA	10.4 dA	18.8 cA	21.2bcA	26.2 bA	30.5 aA	32.5 aA
	F	10.3 dA	11.2cdA	11.9cdA	14.4cdA	16.0 cB	28.9 aA	25.9abA	30.6 bA
diâmetro, cm	NF	0.14 cA	0.17 cA	0.12 cA	0.31 bA	0.30 bA	0.44 aA	0.49 aA	0.54 aA
	F	0.11 cA	0.10 cA	0.14 cA	0.19 cB	0.20 cB	0.46 aA	0.38 bB	0.42abB
matéria seca de raiz, g/vaso	NF	0.18cdA	0.12cdA	0.08 dA	0.33cdA	0.47 cA	0.81 bA	1.01 bA	1.42 aA
	F	0.10 bA	0.08 bA	0.08 bA	0.16 bA	0.22 bA	0.89 aA	0.77abB	0.97 aB
relação raiz/ parte aérea	NF	0.54aA	0.56aA	0.57aA	0.24bcB	0.19cB	0.26bcA	0.20cA	0.22bcA
	F	0.73aB	0.62aA	0.62aA	0.41bA	0.33bcA	0.25cA	0.34bcA	0.26cA
colonização ¹	NF	0 eA	16 cA	18cdA	27abA	25bcA	27abA	26 bA	33 aA
	F	0 eA	17 cA	18 cA	0 dB	0 dB	20 bA	27 aA	26abB

Médias seguidas de mesma letra (minúscula= compara tratamentos; maiúscula= compara NF x F) não diferem entre si à nível de 5% pelo teste de Duncan.

1) arco seno $\sqrt{x/100}$

superou os demais tratamentos. A colonização verificada nos tratamentos sem inoculação com fungo MVA, no solo fumigado, foi proporcionada pelos fungos nativos do solo.

O efeito dos diferentes tratamentos e da fumigação do solo sobre os teores de nutrientes obtidos na matéria seca da parte aérea do angico são apresentados no Quadro 12. Houve interação significativa entre os tratamentos e a fumigação para todos os parâmetros, com exceção do N acumulado. Os teores de N e P são

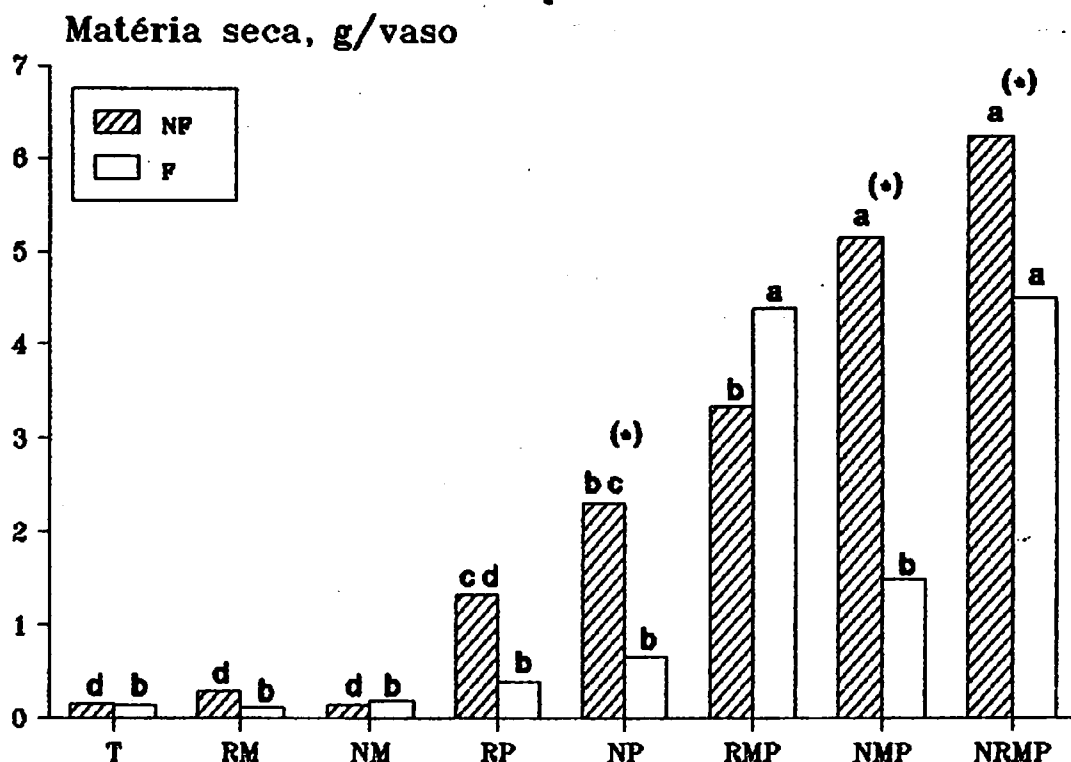


FIGURA 11. Matéria seca da parte aérea de mudas de angico amarelo em função dos diferentes tratamentos, em solo fumigado (F) ou não (NF), aos 94 dias após o transplântio (* = diferença significativa entre solos à nível de 5% pelo teste de Duncan).

apresentados na Figura 12. Verifica-se que o maior teor de N foi obtido no tratamento RP, que não diferiu significativamente do NM e foi superior aos demais, no solo não fumigado. No solo fumigado, os maiores teores de N foram observados nos tratamentos NM, RP, NMP e RNMP. O maior acúmulo de N foi verificado no RNMP (Quadro 12). Em relação ao teor de P, o solo não fumigado não apresentou diferença significativa entre os tratamentos e no solo fumigado, o RP foi superior aos demais (Figura 12). Verifica-se que os teores dos demais nutrientes apresentaram respostas

QUADRO 12. Médias e testes de médias para os teores de nutrientes na parte aérea de mudas de angico amarelo em função da aplicação de N e P e da inoculação com rizóbio e fungo MVA, no solo fumigado (F) ou não(NF), aos 95 dias após o transplante (média de 5 repetições).

Teor	solo	Tratamentos							
		test.	RM	NM	RP	NP	RNP	NMP	RNMP
----- % -----									
K	NF	1.3 aA	1.1 abA	1.0 aA	1.0 abB	1.1 abA	1.1 abA	1.0 bA	1.1 abA
	F	1.2 bA	0.8 cB	1.4 aA	1.4 aA	1.0 bcA	1.0 bcA	1.0 bcA	1.1 bcA
Ca	NF	1.6 bA	1.7 bA	1.9 aA	1.3 cA	1.6 bA	1.3 cA	1.2 cA	1.2 cA
	F	1.3abB	1.3abB	1.2abcB	1.4 aA	1.2abcB	1.1 cB	1.2abcA	1.1 cA
Mg	NF	0.29bA	0.26bA	0.34aA	0.24 cA	0.30 bA	0.22cA	0.20cA	0.22 cA
	F	0.18dB	0.21cdB	0.30aA	0.27abA	0.20cdB	0.22cdA	0.20cdA	0.25bcA
S	NF	0.36bcA	0.36bcA	0.36bcB	0.30 cB	0.36bcB	0.33bcB	0.45 aA	0.46 aA
	F	0.38cA	0.44abB	0.43bcB	0.54aA	0.51abA	0.38 cA	0.43 bcA	0.35 cB
----- ppm -----									
Cu	NF	34aA	11bA	16bA	11bA	11bA	42aA	13bB	49aA
	F	20abA	23abA	13bA	17abA	17abA	28abA	31aA	17abA
Fe	NF	152cA	235bA	294aA	248bA	215bA	210bA	217bA	216bA
	F	140cA	263aA	210bB	146cB	243aA	172bcA	214bA	254aA
Mn	NF	29dB	88abB	57cA	58cB	68bcA	92aA	49cdB	62cA
	F	107bA	133aA	43efA	87bcA	27fB	55deB	92bcA	73cdA
Zn	NF	25bA	21bA	22bA	23bA	25bA	25bA	23bA	33aA
	F	17cB	20bcA	22bcA	48aA	24bA	22bcA	26bA	18cA
----- ag/planta -----									
N total		5.2d	6.4d	6.6d	44.1cd	53.6c	71.7c	137.1b	194.2a

Médias seguidas de mesma letra (minúscula= compara tratamentos; maiúscula= compara NF x F) não diferem entre si à nível de 5% pelo teste de Duncan.

diferenciadas em função dos tratamentos aplicados. De modo geral, os tratamentos testemunha, RM e NM apresentaram teores iguais ou superiores aos tratamentos RNP, NMP e RNMP, que promoveram maior

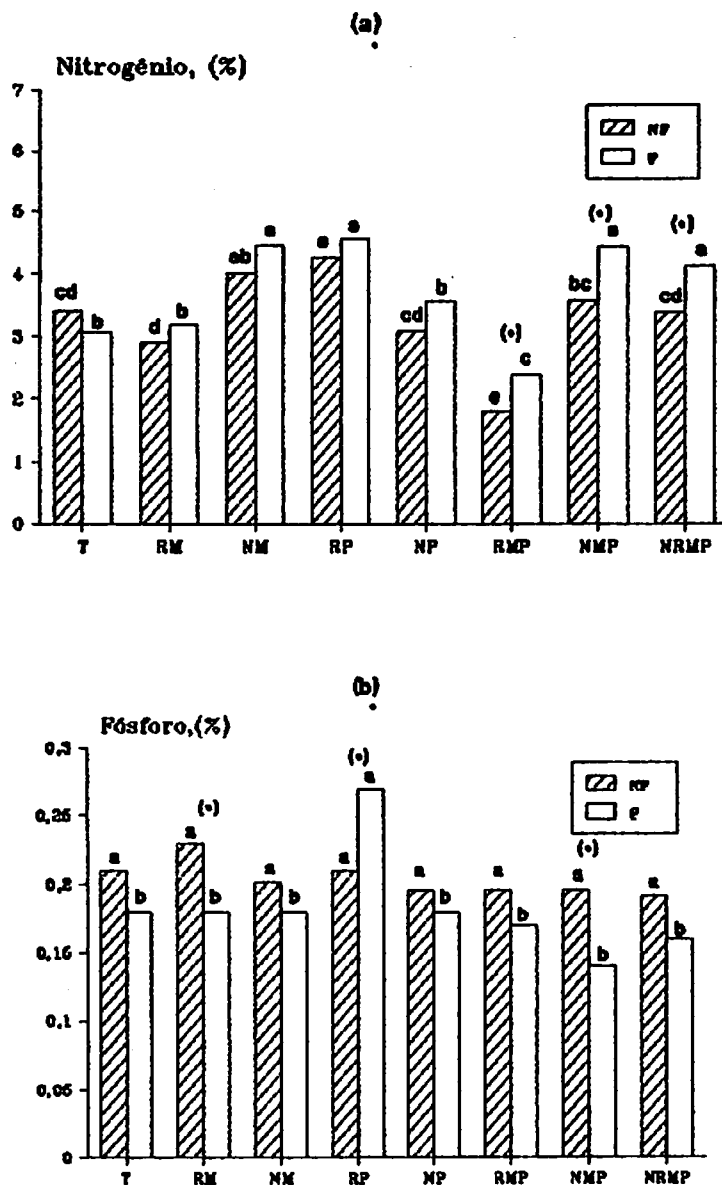


FIGURA 12. Teores de N (a) e P (b) na parte aérea de mudas de angico amarelo em função dos diferentes tratamentos, em solo fumigado (F) ou não (NF), aos 95 dias após o transplante (* = diferença significativa à nível de 5% pelo teste de Duncan).

produção de matéria seca da parte aérea. A inoculação com fungo MVA exerceu efeito diferenciado sobre a absorção dos nutrientes em função dos tratamentos aplicados.

A elevada resposta do angico amarelo ao P aplicado, em ambos

os experimentos, demonstra a importância deste nutriente para o crescimento desta espécie e confirma o baixo teor de P disponível no solo (1 ppm, Mehlich-1) limitante ao crescimento das mudas. As doses de P aplicadas aumentaram significativamente a matéria seca da parte aérea e da raiz, a altura e o diâmetro do colo, com respostas seguindo um modelo cúbico-raiz, sem atingir um ponto de máxima resposta. Os maiores incrementos de resposta obtidos a partir de 30 mg P/kg solo indicam que esta espécie possui um baixo requerimento de P nesta fase inicial de crescimento. Não houve efeito depressivo das doses mais elevadas sobre as mudas.

A colonização radicular não foi afetada pelas doses de P aplicadas, no experimento 1, indicando que os níveis de P parecem não ter sido suficientemente elevados para reduzir a colonização radicular pelo *G. etunicatum*, conforme foi verificado pelo aumento da taxa de colonização, obtido com a adição de 120 mg P/kg solo aos tratamentos RM e NM (Quadro 11). A ausência de colonização no solo, em sua condição original (não fumigado), indica que o baixo nível de P disponível no solo pode ter sido limitante aos fungos MVA nativos. Segundo BOLAN et al. (1984), em solos com alto grau de deficiência, a adição de fertilizantes fosfatados pode favorecer o desenvolvimento de micorrizas e aumentar a colonização quando a concentração de P está abaixo da crítica para inibir o processo. VIEIRA & PERES (1988) verificaram que taxas elevadas de colonização com ectomicorrizas em eucalipto foram obtidas com a aplicação de até 94 mg P/kg solo, em um solo argiloso. No caso do *G. etunicatum*, a resposta à adição de P pode estar relacionada ao fato de que, ao contrário de outros fungos MVA, esta espécie é favorecida por níveis mais elevados de P no

solo (SIQUEIRA & FRANCO, 1988).

Embora a introdução do *G. etunicatum* não tenha exercido efeito sobre a colonização e as taxas apresentadas possam ser consideradas baixas, estas foram suficientes para se obter resposta nos parâmetros de crescimento. Segundo Cooper, citado por SAGGIN Jr. (1992) são necessários no mínimo 20-30% de colonização para se obter resposta à micorrização, mas o *G. etunicatum* parece não requerer mais de 30% para apresentar respostas significativas à sua introdução, conforme observou SAGGIN Jr. (1992) para mudas pré-colonizadas de cafeeiro e POPE et al. (1987) para a arbórea *Liriodendron tulipifera* L. .

A inoculação com fungo MVA aumentou a produção de matéria seca da parte aérea, a altura e o diâmetro do colo, bem como a matéria seca das raízes, quando na presença de P. As plantas inoculadas apresentaram o mesmo padrão de respostas que as não inoculadas, seguindo um modelo cúbico-raiz, sem atingir um ponto de máxima resposta, o que confirma que as doses de P usadas não foram suficientes para inibir a simbiose (Quadro 9). A resposta à inoculação com o *G. etunicatum* foi evidenciada no solo fumigado, onde os tratamentos RP e NP não apresentaram resposta ao P adicionado, apresentando valores semelhantes à testemunha, RM e NM, para a matéria seca da parte aérea e raiz, diâmetro do colo e altura das plantas (Quadro 11). Neste caso, o máximo crescimento obtido com a presença do fungo MVA indica que a eliminação dos endófitos nativos pela fumigação foi o fator mais limitante ao crescimento das mudas de angico que, apesar de terem recebido 120 mg P/kg solo, não foram capazes de absorver

eficientemente o P fornecido. Este fato ressalta a ação complementar entre o fungo MVA e o fertilizante e indica que o angico possui elevada dependência micorrízica. A resposta do angico à inoculação com MVA foi observada inclusive no solo não fumigado, quanto à produção de matéria seca da parte aérea e raízes, onde os tratamentos NP e RP não apresentaram crescimento maior que a testemunha, o que poderia ser explicado por uma incapacidade dos microrganismos nativos em atingir níveis de colonização suficientes para promover a resposta, conforme PAULA & SIQUEIRA (1987), ou que estes não foram bem adaptados à planta, segundo COLONNA et al. (1991).

O aumento observado nos parâmetros de crescimento pelas mudas inoculadas com o *G. etunicatum*, em ambos os experimentos, indica que o principal benefício da micorrização parece estar ligado à nutrição das mudas. O maior alcance do micélio externo, ultrapassando a zona de depleção ao redor da raiz, torna as plantas micorrizadas mais capazes quanto à aquisição de nutrientes, conforme HAYMAN (1983) e BAREA (1991), notadamente em relação aos elementos que apresentam baixa mobilidade no solo, como o P.

A relação raiz/parte aérea foi, em geral, menor nas mudas inoculadas com fungo MVA e aumentada pela adição de P no experimento 1. No experimento 2, menores relações foram observadas para os tratamentos que promoveram maior crescimento, pela adição de P e pela inoculação com fungo MVA. Segundo MONTEIRO (1990) a menor relação raiz/parte aérea indica a maior eficiência da planta na utilização de fotossintatos, produzindo maior massa de parte aérea do que de raiz, o que pode estar

associado ao aumento das taxas de fotossíntese e transpiração observadas nas plantas com maior crescimento. Por outro lado, a limitação no suprimento de nutrientes torna as raízes o principal dreno de fotossintatos, favorecendo seu crescimento em relação à parte aérea (MARSCHNER, 1991).

O crescimento das mudas inoculadas com rizóbio foi inferior às adubadas com N quanto à produção de matéria seca da parte aérea e altura, no solo não fumigado do experimento 2. No entanto, no experimento 1, as mudas não receberam adubação nitrogenada e apresentaram um crescimento satisfatório quanto ao diâmetro do colo e a produção de matéria seca da parte aérea. Uma vez que esta espécie não apresenta nodulação, conforme verificou POKRYIAL et al. (1990), normalmente se esperaria uma elevada resposta à adição de N. O crescimento satisfatório das mudas do experimento 1, apenas inoculadas com rizóbio, parece indicar que o angico possui um baixo requerimento de N na sua fase inicial de crescimento, o que explicaria o vigor apresentado pelas mudas até a idade da colheita. Além disso, o elevado teor de matéria orgânica deste solo (4.3%) poderia ter fornecido o mínimo de N para satisfazer a necessidade das mudas. De acordo com Magalhães et al. citado por BONETTI et al. (1984), mudas florestais que não nodulam em condições naturais, por existir um equilíbrio de nutrientes capaz de manter o status nutricional das mudas, podem nodular em condições de viveiro, uma vez que a menor limitação em nutrientes e luz aumenta a demanda de N e estimula a nodulação. No caso do angico, não se verificou esta resposta e a mistura de inóculos de rizóbio, bem como as estirpes naturais do solo, não

foram capazes de estabelecer a simbiose.

Em relação à nutrição das mudas, verifica-se que os teores de nutrientes apresentaram respostas diferenciadas em função dos tratamentos aplicados. O teor de N foi reduzido pela aplicação de P e as plantas micorrizadas apresentaram teores inferiores às não inoculadas, indicando a diluição do N nos tecidos, uma vez que as mudas inoculadas e que receberam P apresentaram a maior produção de matéria seca da parte aérea (Figura 10). No experimento 2, o mesmo comportamento foi verificado em relação aos tratamentos RNMP, NMP e RMP, que apresentaram maior produção de matéria seca da parte aérea e cujos teores de N foram semelhantes ou inferiores à testemunha (Figura 12), indicando a diluição do N nos tecidos, conforme JARREL & BEVERLY (1981) e MARSCHNER (1991). O teor de N nos tratamentos inoculados com rizóbio (RP) foram superiores aos que receberam adubação nitrogenada (NP), no entanto, esse maior teor não refletiu na produção de matéria seca da parte aérea e os tratamentos apresentaram um acúmulo de N semelhante, uma vez que, como visto anteriormente, esses tratamentos não diferiram no crescimento das mudas. No caso dos tratamentos que apresentaram maior produção de parte aérea, o tratamento NMP superou o RMP em teor e acúmulo de N, confirmando que as mudas, uma vez superados os principais fatores limitantes ao seu crescimento (o fornecimento de P e a inoculação com fungo MVA), respondem à adubação nitrogenada e fornecem N adequadamente às mudas. A resposta ao fornecimento de N no tratamento NMP foi visualizado durante a condução dos experimentos, em que as mudas inoculadas com rizóbio apresentaram-se amareladas e com deficiência em N.

O teor de P foi aumentado com a adição de 480 mg P/kg solo nas mudas não inoculadas, enquanto que as mudas que receberam doses menores apresentaram teores mais reduzidos, embora a produção de matéria seca fosse superior à das mudas que receberam 480 mg P/kg solo (FIGURA 10). As mudas inoculadas com *Glomus etunicatum* apresentaram teores diluídos de P, em relação às não inoculadas, em vista da maior produção de matéria seca da parte aérea obtida com a inoculação. No experimento 2 (Figura 12), os teores de P dos tratamentos que apresentaram a maior produção de matéria seca não diferiram da testemunha, o que indica um efeito de diluição do P conforme o verificado por MONTEIRO (1990) e PAULA & SIQUEIRA (1989). Este efeito foi explicado por JARREL & BEVERLY (1981), como resultado da lenta absorção do elemento em comparação ao rápido crescimento da planta que, no entanto, pode apresentar maior acúmulo do nutriente, expresso pelo produto da sua concentração e a matéria seca produzida.

Os teores de K, Ca e Mg das mudas não micorrizadas do experimento 1, apresentaram teores mais elevados na dose mais elevada de P, embora estes teores não tenham refletido em maior produção de matéria seca da parte aérea. O mesmo foi observado no experimento 2, em que os maiores teores foram observados nos tratamentos que proporcionaram menor crescimento vegetativo. Estes resultados indicam a diluição destes nutrientes no tecido, em função do maior crescimento das mudas. Os teores de S foram reduzidos com a aplicação de P e a inoculação com fungo MVA, no experimento 1 e no solo fumigado do experimento 2, indicando que os teores de S no tecido não acompanharam a produção de matéria

seca da parte aérea, ao contrário do solo não fumigado, em que a absorção do S foi aumentada nos tratamentos que receberam P e a inoculação. Os teores de Cu e Mn foram reduzidos pela aplicação de P e foram, em geral, inferiores nas mudas micorrizadas, indicando a diluição destes teores. Os teores de Fe foram, em geral, aumentados e os de Zn, reduzidos com a aplicação de P, indicando a diluição do Zn em função da maior produção de matéria seca das mudas adubadas. No experimento 2, os teores de Fe e Zn apresentaram-se diluídos nos tratamentos NMP e RMP, mas a absorção foi aumentada no RNMP em relação à testemunha, no solo fumigado para o Fe e no não fumigado, para o Zn.

Conclui-se que o angico amarelo apresenta uma elevada resposta à adição de P, entre 30 e 60 mg P/kg solo e que a resposta ao P pode ser maximizada pela inoculação micorrízica. As doses mais elevadas de P não exerceram efeito depressivo sobre o fungo introduzido, que foi influenciado pelos fungos nativos do solo. A absorção de alguns nutrientes foi favorecida pela presença do fungo MVA e a inoculação com rizóbio não se mostrou efetiva quanto à produção de nódulos.

4.4. Leucena

Os resultados de crescimento, colonização e nodulação da leucena, em função das doses de P e da inoculação com fungo MVA encontram-se no Quadro 13. Verifica-se que não houve efeito significativo para a inoculação com fungo MVA e para as doses de P na taxa de colonização radicular. Houve interação significativa

QUADRO 13. Médias e ajustes de regressão para os parâmetros de crescimento, colonização e nodulação de mudas de leucena inoculadas com fungo MVA(CM) ou não (SM) em função de doses de P, aos 95 dias após o transplante (média de 3 repetições).

Parâmetros	Doses de P, mg/kg solo					Regressão	R ²
	0	30	60	120	480		
altura, cm	10.17	31.67	29.60	29.47	33.76	CR	0.81**
diâmetro, cm	SM 0.23	0.59	0.61	0.61	0.64	CR	0.94**
	CM 0.28	0.61	0.61	0.67	0.67	CR	0.86**
matéria seca da raiz, g/vaso	SM 0,54	5.55	5.93	5.33	5.32	CR	0.88**
	CM 0.71	6.40	5.98	6.12	6.26	CR	0.87**
relação raiz/ parte aérea	SM 0.64	0.85	0.94	0.92	0.71	CR	0.80**
	CM 0.66	0.98	0.82	0.93	0.83	CR	0.61**
colonização ¹	SM 22	19	20	22	18		
nódulos ²	0	9	13	13	12	CR	0.87**

Q= modelo quadrático $Y = a \pm bx \pm cx^2$

CR= modelo cúbico-raiz $Y = a \pm bx^{0.5} \pm cx \pm dx^{1.5}$

**= significativo à nível de 1% pelo teste F

1) arco seno $\sqrt{x/100}$

2) $\sqrt{x+1}$

entre as doses de P e o fungo MVA para a produção de matéria seca da parte aérea e para a relação raiz/parte aérea. As mudas inoculadas apresentaram maior produção de matéria seca da parte aérea a partir da dose de 60 mg P/kg solo (Figura 13). Os menores valores da relação raiz/parte aérea foram obtidos nas testemunhas, inoculadas ou não. A altura das plantas, a produção de matéria seca das raízes e o diâmetro do colo foram significativamente aumentados pela adição de P. As mudas inoculadas apresentaram maior produção de matéria seca de raízes e diâmetro do colo em relação às não inoculadas e não se

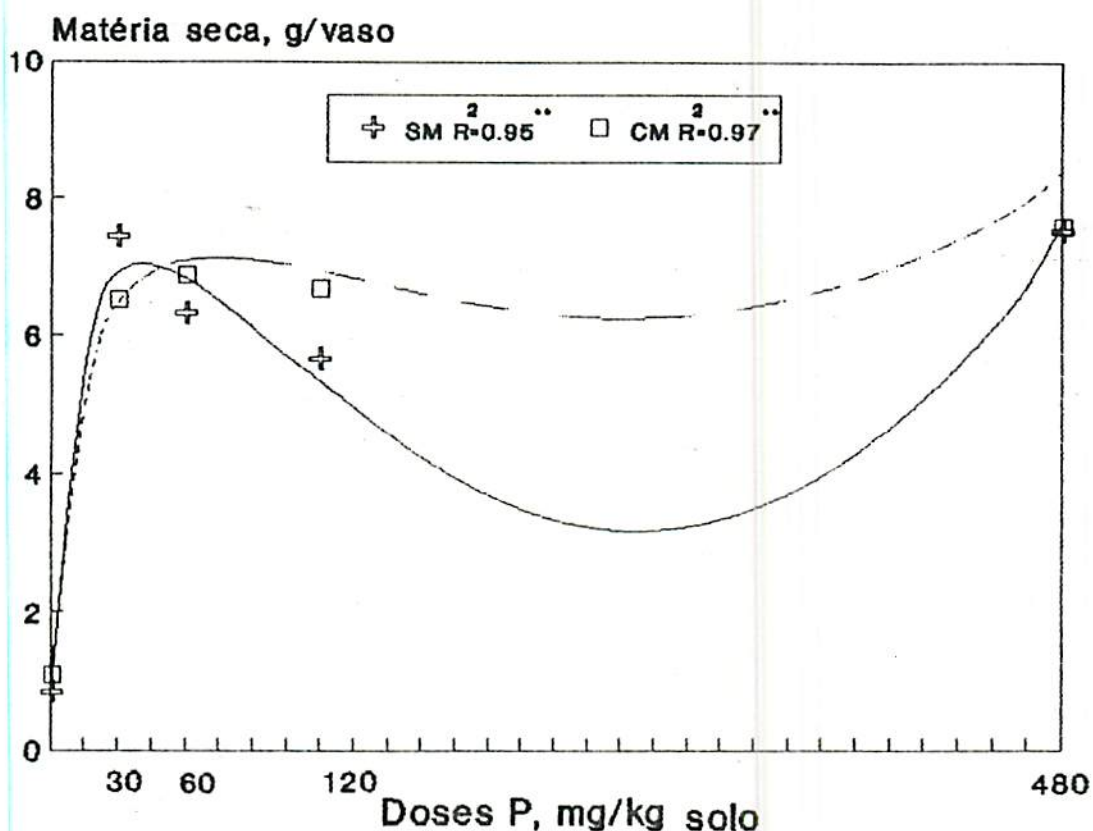


FIGURA 13. Matéria seca da parte aérea de mudas de leucena inoculadas com fungo MVA (CM) ou não (SM) em função do P aplicado ao solo, aos 95 dias após o transplante.

verificou a presença de nódulos na testemunha, sem a adição de P. Para todas as variáveis de crescimento analisadas, os maiores incrementos foram verificados com a aplicação de 30 mg P/kg solo, sendo os demais incrementos proporcionalmente menores.

Os teores de nutrientes obtidos na matéria seca da parte aérea da leucena foram influenciados pelas doses de P e pela inoculação com MVA (Quadro 14). Houve interação significativa entre as doses de P e a MVA para os teores de N, K e Cu, que foram aumentados pela adição de P nas mudas não inoculadas, ao

QUADRO 14. Médias e ajustes de regressão para os teores de nutrientes na matéria seca da parte aérea de mudas de leucena inoculadas com fungo MVA (CM) ou não (SM) em função de doses de P, aos 95 dias após o transplante (média de 3 repetições).

Teor	MVA	Doses de P, mg/kg solo					Regressão	R ²
		0	30	60	120	480		
----- Y -----								
N	SM	1.0	1.6	1.7	1.7	1.8	CR	0.95**
	CM	3.6	1.7	1.3	3.0	2.2	s.a.	
P		0.10	0.12	0.15	0.13	0.14	CR	0.40*
K	SM	1.1	1.1	1.3	1.1	1.3	s.a.	
	CM	1.3	1.2	0.9	0.7	0.9	Q	0.92**
Ca	SM	0.8	1.9	2.0	2.7	2.7	Q	0.99**
	CM	1.2	2.4	3.2	3.3	2.8	CR	0.91**
Mg	SM	0.20	0.28	0.28	0.35	0.36	CR	0.85**
	CM	0.57	0.59	0.62	0.71	0.48		
S		0.37	0.34	0.41	0.46	0.39	s.a.	
----- ppm -----								
Cu	SM	8	12	14	19	14	CR	0.92**
	CM	18	12	12	12	13	CR	0.91**
Fe	SM	147	120	165	139	119		
	CM	109	112	97	108	106		
Mn	SM	34	31	35	51	57	CR	0.61**
	CM	23	18	29	33	35	CR	0.55*
Zn		23	18	29	33	35		

Q= modelo quadrático $Y = a \pm bx \pm cx^2$

CR= modelo cúbico-raiz $Y = a \pm bx^{0.5} \pm cx \pm dx^{1.5}$

s.a. = modelo ajustado não foi significativo

*, ** = significativo à nível de 5 e 1% pelo teste F, respectivamente

contrário das mudas inoculadas, que apresentaram menores teores de K e Cu a partir das doses de 60 e 30 mg P/kg solo, respectivamente. A adição de P aumentou significativamente o teor

de P e não houve efeito da inoculação micorrízica. As mudas inoculadas apresentaram menores teores de Fe e não houve efeito das doses de P aplicadas. Os teores de S e Zn não foram significativamente influenciados pelo P e pela MVA.

O efeito dos diferentes tratamentos e da fumigação do solo sobre os parâmetros de crescimento, colonização e nodulação da leucena são apresentados no Quadro 15. Houve interação significativa entre os tratamentos aplicados e a fumigação para todos os parâmetros, com exceção da nodulação, significativamente afetada apenas pelos tratamentos. Verifica-se que o maior crescimento vegetativo foi obtido nos tratamentos que receberam P e inoculação com fungo MVA, conforme o verificado para a altura das plantas, o diâmetro do colo e a produção de matéria seca da parte aérea e raízes. Estes parâmetros foram significativamente menores nos tratamentos testemunha, RM e NM, que não apresentaram nódulos. A produção de matéria seca da parte aérea nos tratamentos NMP e RNMP foi aumentada em até 40 vezes em relação à testemunha, indicando que a adição de P e a inoculação com *G. etunicatum* foram de fundamental importância para o crescimento das mudas neste solo (Figura 14).

A relação raiz/parte aérea foi maior nos tratamentos testemunha e NM (Quadro 15). A nodulação foi verificada apenas nas mudas inoculadas com rizóbio e que receberam a adição de P e atingiu o máximo quando se fez a inoculação com fungo MVA. A taxa de colonização no solo não fumigado foi maior no tratamento NP, que superou o RM, RP e RMP e no tratamento NMP, no solo fumigado. Não foi verificada colonização na testemunha e nos tratamentos não inoculados com fungo MVA, no solo fumigado. No solo não

QUADRO 15. Médias e testes de médias para os parâmetros de crescimento, colonização e nodulação de mudas de leucena em função da aplicação de N e P e da inoculação com rizóbio e fungo MVA, em solo fumigado (F) ou não (NF), 95 dias após o transplante (média de 5 repetições).

Parâmetros	Tratamentos								
	solo	test.	RM	NM	RP	NP	RNP	NMP	RNMP
altura, cm	NF	10.7 eA	10.5 eA	9.9 eA	18.3 dA	42.3 bA	27.8 cA	41.8 bA	49.1 aB
	F	9.8 eA	10.4 eA	14.5deA	20.5 dB	35.8 bA	37.8 bA	57.9 aA	54.1 aA
diâmetro, cm	NF	0.21 dA	0.20 dA	0.21 dA	0.51 cA	0.60 bA	0.64 bB	0.78 aB	0.78 aA
	F	0.22 fA	0.24 fA	0.20 fA	0.30efB	0.42 dB	0.73 cA	0.84 aA	0.79 bA
matéria seca de raiz, g/vaso	NF	0.18 cA	0.15 cA	0.13 cA	0.82 cA	0.98bcA	1.80abA	2.32 aA	1.91 aB
	F	0.15 cA	0.15 cA	0.13 cA	0.50 cA	0.88 cA	1.82 bA	2.59 bA	3.72 aA
relação raiz/ parte aérea	NF	0.66aB	0.48bcB	0.67aB	0.42 cA	0.19 eA	0.38cdA	0.37cdA	0.27deA
	F	0.65bA	0.65cdA	1.55aA	0.54 dA	0.74bcA	0.38 eA	0.32eA	0.33eA
nódulos ¹		0 b	0 b	0 b	3 b	0 b	5 a	0 b	2 b
colonização ²	NF	0 dA	19 cA	30abA	22bcA	35 aA	27 bcA	31 abB	28abcB
	F	0 dA	10 dA	20 eB	0 dB	0 dB	36 bA	48 aA	44abA

Médias seguidas de mesma letra (minúscula= compara tratamentos; maiúscula= compara NF x F) não diferem entre si à nível de 5% pelo teste de Duncan.

1) $\sqrt{x+1}$

2) arco seno $\sqrt{x/100}$

fumigado, a colonização dos tratamentos não inoculados foi proporcionada pelos fungos nativos do solo.

Os teores de nutrientes obtidos na matéria seca da parte aérea da leucena, em função dos diferentes tratamentos e da fumigação do solo são apresentados no Quadro 16. Houve interação significativa entre os tratamentos e a fumigação para todos os nutrientes. Com exceção do N, não foram obtidos os teores dos demais nutrientes no tratamento RM, no solo não fumigado e no NM,

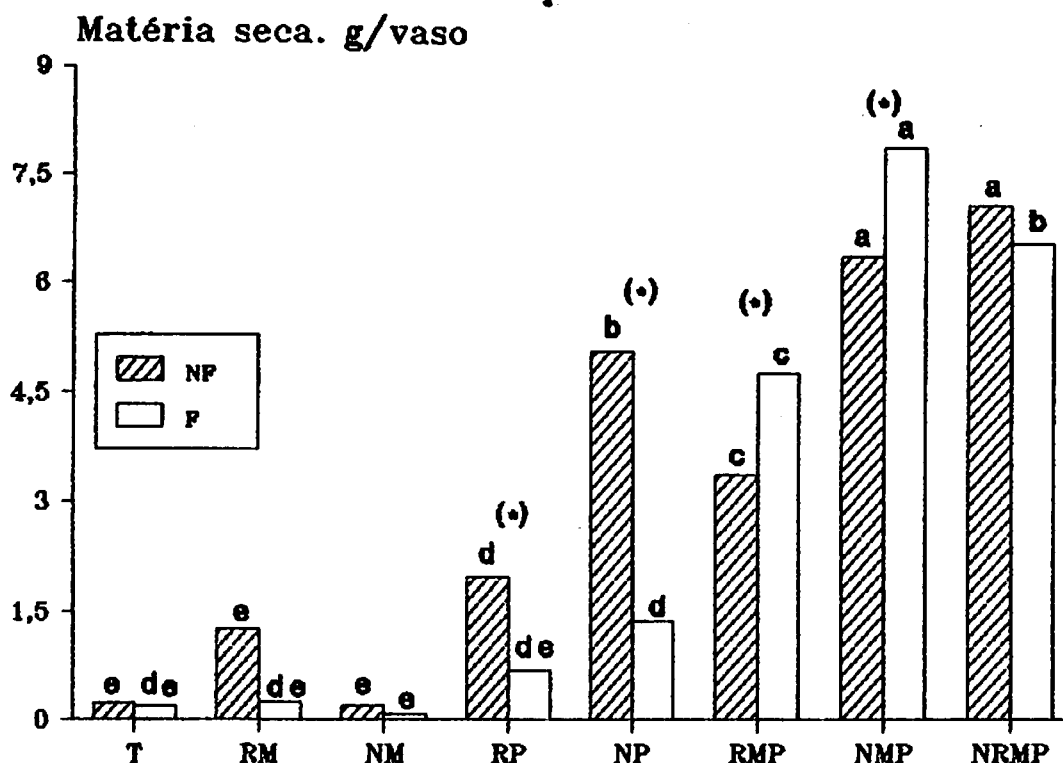


FIGURA 14. Matéria seca da parte aérea de mudas de leucena em função dos diferentes tratamentos, em solo fumigado (F) ou não (NF), aos 94 dias após o transplante (diferença significativa à nível de 5 % pelo teste de Duncan).

no fumigado, por falta de material para análise. Na Figura 15 são apresentados os teores de N e P. No solo não fumigado, o maior teor de N foi obtido no tratamento RM e no fumigado, nos tratamentos RM, NM e RP. O maior acúmulo de N foi verificado nos tratamentos RNMP e NMP (Quadro 16). Em relação ao teor de P, o solo não fumigado apresentou maiores teores nos tratamentos RP e NP e o solo fumigado, no NMP e RNMP. Verifica-se que os teores dos demais nutrientes apresentaram respostas diferenciadas em função dos tratamentos aplicados. De modo geral, a testemunha, RM

QUADRO 16. Médias e testes de médias para os teores de nutrientes na parte aérea da leucena em função da aplicação de N e P e da inoculação com rizóbio e fungo MVA, no solo fumigado (F) ou não (NF), aos 95 dias após o transplante (média de 5 repetições).

Teor	solo	Tratamentos							
		test.	RN	NM	RP	NP	RNP	NMP	RNMP
----- % -----									
K	NF	0.9bcA	-	1.0 ab	0.9bcdA	0.8cdB	0.8cdB	0.7 dA	0.9bcdA
	F	0.8 bA	0.9b	-	1.1 aA	0.9 bA	0.9 bA	0.9 bA	0.9 bA
Ca	NF	1.1bcA	-	1.0 cd	1.2 bcA	1.2bcA	1.7 aA	1.2bcA	1.2 bA
	F	0.8 cB	0.90c	-	1.1 bA	0.7 cB	1.4 aB	1.2abA	1.4 aA
Mg	NF	0.17cB	-	0.19 c	0.28 aA	0.24 bA	0.29aA	0.31aB	0.31aB
	F	0.28bA	0.26b	-	0.28 bA	0.21 cA	0.30bA	0.38aA	0.40aA
S	NF	0.46aA	-	0.44 ab	0.42abA	0.40 bA	0.35cdA	0.31dA	0.36cA
	F	0.40bB	0.51a	-	0.39 bA	0.32deB	0.29 eA	0.34cdA	0.37bcA
----- ppb -----									
Cu	NF	21 bA	-	26a	19cA	9dB	5eA	6eA	5eA
	F	10 bB	5c	-	8bB	11aA	5cA	4cB	6cA
Fe	NF	237aA	-	126c	191bA	154bcA	132cA	189bA	168bcA
	F	95sB	162b	-	222aA	129bcdA	144bcA	164bA	112cdA
Mn	NF	32abcA	-	40ab	43aB	32bcB	28cB	30bcB	32bcB
	F	37 eA	65b	-	82aA	57bcA	49cdA	44deA	48cdA
Zn	NF	19cA	-	37a	24bA	25bA	20cB	20cA	20cB
	F	21cdA	31a	-	25bA	19dB	24bcA	21bcdA	23bca
----- mg/planta -----									
N total	NF	9.5dA	13.0dA	9.0dA	74.0dA	91.5bA	52.5cA	187.5aB	186.1aA
	F	7.3dA	10.8dA	3.9dA	28.4cdB	48.4bcB	70.5bA	233.2aA	205.9aA

Médias seguidas de mesma letra (minúscula= compara tratamentos; maiúscula= compara NF x F) não diferem entre si à nível de 5% pelo teste de Duncan.

e NM, tratamentos que proporcionaram menor resposta em produção de matéria seca da parte aérea, apresentaram teores iguais ou superiores aos tratamentos NMP e RNMP, que apresentaram maior

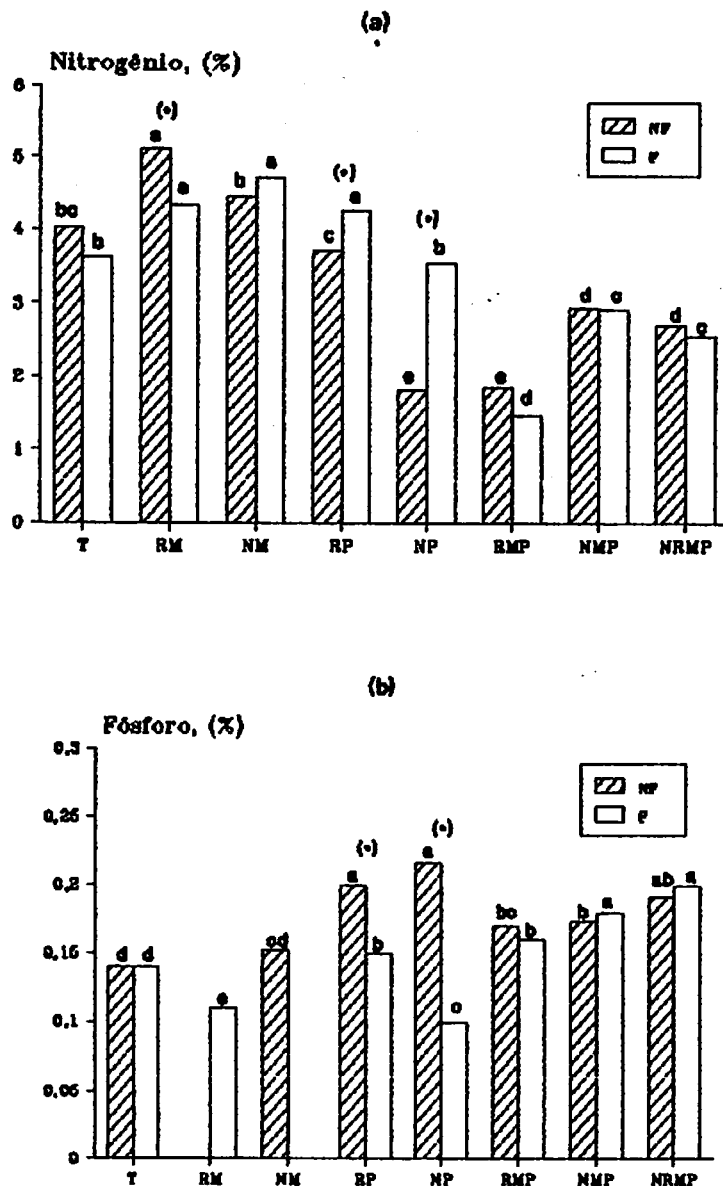


FIGURA 15. Teores de N (a) e P (b) na parte aérea de mudas de leucena em função dos diferentes tratamentos, em solo fumigado (F) ou não (NF), aos 95 dias após o transplante (* = diferença significativa à nível de 5% pelo teste de Duncan).

produção.

A importância do P no crescimento inicial das mudas de leucena foi constatado em ambos os experimentos pela elevada resposta dos parâmetros analisados, o que confirma a baixa

disponibilidade de P no solo original (1 ppm, Mehlich-1). Estas respostas seguiram um modelo cúbico-raiz, sem atingir um ponto de máximo (Quadro 13). Os maiores incrementos verificados com a aplicação de 30 mg P/kg solo indicam que esta espécie possui elevada resposta ao P e que essa resposta é obtida com a adição de pequenas doses do nutriente. Não foi verificado efeito depressivo das doses mais elevadas sobre o crescimento. No experimento 2, os tratamentos RM e NM não supriram as necessidades nutricionais das mudas e o crescimento não diferiu da testemunha, confirmando o efeito limitante do P disponível no solo (Quadro 15). No entanto, a adição de P não refletiu em um maior crescimento para todos os parâmetros, conforme verificado para os tratamentos NP e RP, que somente responderam ao P aplicado quando as mudas foram inoculadas com fungo MVA. Este resultado foi mais evidente no solo fumigado, em que a eliminação dos microrganismos nativos parece ter exercido um efeito limitante sobre a absorção do P e, conseqüentemente, ao crescimento, conforme TAUFUQUL & HABTE (1985). No solo não fumigado, essa resposta foi observada para a matéria seca das raízes, o que indica que os fungos MVA nativos não foram bem adaptados à planta ou que estes não atingiram níveis de colonização suficientes para promover uma resposta, segundo PAULA & SIQUEIRA (1987) e COLONNA et al. (1991).

A ausência de efeito depressivo das doses mais elevadas de P sobre a colonização indica que as doses utilizadas não foram altas o suficiente para reduzir a infecção micorrízica. No experimento 2, a adição de 120 mg P/kg solo aos tratamentos RM

e NM não afetou a colonização, no solo não fumigado ou até mesmo aumentou as taxas, como visto no solo fumigado. Este aumento foi possível provavelmente porque a concentração de P estava abaixo da crítica para inibir a colonização, segundo HAYMAN & MOSSE (1972) e SMITH & DAFT (1977). A introdução do *G. etunicatum* não afetou a taxa de colonização radicular no experimento 1 e no solo não fumigado do experimento 2. As maiores taxas observadas no solo fumigado parecem indicar que a infectividade do *Glomus* foi reduzida pelos endófitos de MVA nativos, o que explicaria a ausência de resposta à inoculação (ABBOTT & ROBSON, 1982; KITT et al., 1987 e BAREA, 1991). No entanto, níveis baixos de colonização podem resultar em um aumento significativo do crescimento, em relação às plantas não micorrizadas (KORMANIK, 1985), conforme se verificou no presente estudo.

A matéria seca da parte aérea, raízes e diâmetro do colo foram aumentados com as doses de P e, em geral, foram superiores nas mudas inoculadas com fungo MVA (Quadro 13, Figura 13). A ausência de resposta à inoculação quanto à altura, concorda com SCHULTZ et al. (1981), que verificaram o aumento pela micorrização em todos os parâmetros de crescimento das arbóreas *Acer saccharum*, *A. negundo*, *Juglans nigra* e *Platanus occidentalis*, exceto para a altura. Estes autores alegam que a reserva de carboidratos das sementes parece ter sido capaz de sustentar as mudas pelo período de condução do experimento, de cerca de 5 meses.

A baixa resposta da leucena à aplicação de 120 mg P/kg solo, quando na ausência da inoculação com *G. etunicatum*, indica que esta dose não foi suficiente para reduzir a dependência

micorrízica desta espécie. De fato, a *Leucaena leucocephala* é considerada extremamente dependente da condição micorrízica para apresentar um crescimento satisfatório, respondendo à inoculação até 0.2 mg/l de P na solução do solo, segundo COLONNA et al. (1990) e foi usada como espécie indicadora da condição micorrízica por MANJUNATH & HABTE (1990). Outros autores verificaram que esta espécie foi altamente beneficiada pela inoculação por diferentes espécies de MVA (SIVAPRASAD et al., 1983; MANJUNATH et al., 1984 e SOUTH & HABTE, 1985). A resposta à micorrização ressalta a importância da inoculação com fungo MVA das mudas usadas na recuperação de áreas degradadas ou pobres, de modo que a limitação nutricional do ambiente seja minimizada pelo aumento da absorção de nutrientes, além de outros benefícios não nutricionais proporcionado pelos fungos micorrízicos (MONTEIRO, 1990).

As mudas inoculadas com rizóbio foram inferiores às adubadas com N em matéria seca da parte aérea, altura e diâmetro do colo, notadamente no solo não fumigado e entre os tratamentos RMP e NMP (Quadro 15). Este resultado indica que a simbiose rizóbio-leguminosa não foi tão efetiva quanto se esperava para esta espécie. Embora o tamanho dos nódulos e a coloração indicassem a efetividade dos mesmos, o número foi menor do que o encontrado por MONTEIRO (1990) para mudas da mesma idade, o que parece indicar que algum fator foi limitante à simbiose. A superioridade do tratamento RMP no solo fumigado, em relação ao solo não fumigado, indica que possivelmente os microrganismos nativos exerceram algum efeito antagônico sobre o rizóbio e/ou ao fungo

MVA, prejudicando a simbiose (BAREA & AZCON-AGUILAR, 1983).

A relação raiz/parte aérea foi aumentada pelas doses de P e a resposta das mudas inoculadas foi, em geral, superior às não inoculadas (Quadro 13). Normalmente, a relação raiz/parte aérea decresce com o aumento da disponibilidade de nutrientes, o que significa que a maior absorção pelas plantas micorrizadas aumenta a utilização de fotossintatos na parte aérea e diminui o transporte dos produtos da fotossíntese para as raízes, refletindo proporcionalmente em um maior crescimento da parte aérea (BAREA & AZCON-AGUILAR, 1983 e MARSCHNER, 1991). Esta resposta foi verificada no experimento 2, em que a adição de P e a inoculação com fungo MVA resultou em uma maior produção de matéria seca da parte aérea em relação às raízes, reduzindo esta relação (Quadro 15).

Segundo GALVAO (1984); EMBRAPA (1992) e POKRYIAL et al. (1990), a leucena é uma das espécies que se apresentam mais promissoras à recuperação de solos degradados e pobres, principalmente pela sua elevada capacidade de nodulação. As leguminosas são normalmente mais exigentes quanto ao P, devido à elevada demanda de ATP envolvida no processo de fixação do N₂, o que as torna dependente da simbiose com fungos MVA (BAREA & AZCON-AGUILAR, 1983). No presente estudo, esta exigência foi verificada quanto à produção de nódulos, que só foi possível quando adicionado P, juntamente à inoculação com rizóbio. No entanto, a máxima produção só foi obtida com a inoculação das mudas com *G. etunicatum* (Quadro 16). Este aumento foi verificado por outros autores (SIVAPRASAD et al., 1983; MANJUNATH et al., 1984 e MONTEIRO, 1990) e parece estar ligado ao aumento da

nutrição mineral, notadamente em relação ao P. A tripla simbiose tem sido enfocada nos programas de revegetação não apenas por reduzir o custo dos fertilizantes químicos, como por reduzir o custo do próprio sistema, em termos de dreno de fotossintatos (BAREA & AZCON-AGUILAR, 1983 e SIQUEIRA & FRANCO, 1988).

Em relação aos teores de nutrientes, as respostas foram variáveis com os tratamentos aplicados e, no caso das doses crescentes de P, seguiram um modelo cúbico-raiz, sem atingir um ponto de máxima resposta (Quadro 14). Enquanto os teores de N foram aumentados pelas doses de P nas mudas não inoculadas, a micorrização diluiu os teores de N, uma vez que estes não resultaram em maior produção de matéria seca da parte aérea, conforme JARREL & BEVERLY (1981). A diluição dos teores de N nas mudas que apresentaram maior crescimento, pela adição de P e inoculação com fungo MVA foi verificada também no experimento 2. As mudas inoculadas com rizóbio apresentaram teores mais elevados de N do que as que receberam adubação nitrogenada, embora os maiores teores não tenham resultado em maior produção de matéria seca da parte aérea. O maior acúmulo de N foi verificado nos tratamentos RNMP e NMP, indicando que as mudas micorrizadas e adubadas com P foram adequadamente supridas pela adubação nitrogenada e que esta não pôde ser substituída eficientemente pela inoculação com rizóbio, conforme o verificado durante a condução dos experimentos, em que as mudas inoculadas com rizóbio apresentaram-se amareladas e deficientes em N.

Os teores de P foram aumentados com as doses aplicadas em relação à testemunha (Quadro 14) e os tratamentos que promoveram

maior produção de matéria seca pela adição de P e inoculação com fungo MVA, no solo não fumigado, apresentaram teores semelhantes aos de menor produção (Figura 16), indicando que provavelmente a absorção de P se processou de maneira mais lenta do que o crescimento das mudas, resultando em um efeito de diluição, conforme JARREL & BEVERLY (1981). No solo fumigado, o aumento do teor de P foi observado nas mudas micorrizadas e adubadas com P, indicando a maior absorção deste elemento.

Os teores de K foram diluídos pela micorrização, dependendo da dose de P, quando estas doses corresponderam à maior produção de matéria seca da parte aérea e o mesmo efeito foi verificado no experimento 2, nos tratamentos que receberam P e fungo MVA. Os teores de Ca, Mg e Mn foram aumentados pela aplicação de P e superiores nas mudas micorrizadas, indicando a maior absorção promovida pelo fungo inoculado. O teor de Ca e Mn, no solo não fumigado, foram diluídos nos tratamentos NMP e RNMP, que apresentaram maior produção de matéria seca da parte aérea. Os teores de S das mudas micorrizadas variaram com as doses de P, sem um comportamento definido. No experimento 2, os teores de S foram reduzidos nos tratamentos que apresentaram maior crescimento, resultando em um efeito de diluição. As mudas micorrizadas apresentaram menores teores de Cu, dependendo da dose de P aplicada e de Fe, independente do P. As doses de P aumentaram os teores de Cu nas mudas não inoculadas, o que foi observado também no experimento 2, assim como para o Fe, onde as mudas com maior crescimento apresentaram menores teores que a testemunha, indicando a diluição dos mesmos.

Com base nos parâmetros vegetativos, conclui-se que a

leucena apresenta elevada resposta à adição de pequenas doses de P, entre 30 e 60 mg P/kg solo. A inoculação micorrízica proporcionou a maximização das respostas ao P adicionado e não houve influência das doses mais elevadas de P sobre a colonização. A inoculação micorrízica favoreceu a absorção de alguns nutrientes e a inoculação com rizóbio mostrou-se menos efetiva que a adubação nitrogenada, quanto à promoção do crescimento e fornecimento de N.

4.5. Considerações finais

As espécies enfocadas neste estudo apresentaram comportamento semelhante quanto à elevada resposta à adição de pequenas doses de P, entre 30 e 60 mg P/kg solo, o que ressalta a viabilidade de utilização das mesmas em programas de revegetação de áreas com limitações nutricionais. A formação de associações simbióticas entre leguminosas arbóreas e fungos MVA foi importante para uma maior eficiência quanto à aquisição de P do solo, que mesmo adicionado em doses elevadas não foi suficiente para reduzir a dependência micorrízica destas espécies, provavelmente por não se ter atingido o nível crítico para a inibição. A resposta ao fungo MVA foi confirmada no segundo experimento, em que a eliminação dos fungos nativos pela fumigação do solo limitou o crescimento das mudas, mesmo com o adequado fornecimento de P e N. Este resultado sugere que a presença de propágulos MVA nas áreas destinadas à revegetação pode ser fundamental para o estabelecimento e desenvolvimento das

mudas e que, em áreas sujeitas à remoção da camada superficial do solo, a inoculação com estirpes destes fungos deve ser considerada quando na fase de implantação das mudas.

A inoculação com rizóbio não demonstrou ser capaz de substituir a adubação nitrogenada, com base nos parâmetros de crescimento e fornecimento de N. Uma vez que a utilização de estirpes selecionadas e de comprovada eficácia foram usadas (CNPBS/EMBRAPA), é possível que a baixa resposta tenha sido resultante de outro fator limitante, tal como a competição com a microbiota nativa do solo, o que sugere que a capacidade competitiva das estirpes deve ser considerada quando utilizada a inoculação. A fixação biológica de N_2 atmosférico das leguminosas é uma das principais características deste grupo de plantas, que apontam para seu uso na reabilitação de áreas degradadas. O uso conjunto de rizóbio e fungo MVA possibilita a redução dos custos da aplicação de fertilizantes e facilita o restabelecimento do ciclo de nutrientes em solos degradados.

5. Conclusões

As leguminosas estudadas responderam positivamente à aplicação de doses moderadas de P no solo;

A inoculação com *G. etunicatum* maximizou as respostas ao P;

As respostas à inoculação micorrízica foram influenciadas pela presença dos fungos nativos;

A aplicação de P no solo não exerceu efeito inibitório na colonização micorrízica;

A inoculação com rizóbio foi menos eficiente que a adubação nitrogenada, em relação aos parâmetros de crescimento e fornecimento de N, embora tenha proporcionado um crescimento satisfatório das mudas.

6. RESUMO

Com o objetivo de avaliar o efeito da adubação fosfatada e da inoculação com fungo micorrízico na formação de mudas de quatro leguminosas arbóreas (*Acacia mangium*, *Albizia lebbek*, *Peltophorum dubium* e *Leucaena leucocephala*), foram conduzidos dois experimentos em casa de vegetação do Departamento de Ciência do Solo da ESAL, utilizando-se material de um Latossolo Vermelho-Escuro epiálico da área de influência da represa de Itutinga/Camargos (MG). O primeiro foi realizado em solo não fumigado e o experimento constou de 5 doses de P solúvel (0,30,60,120 e 480 mg P/kg solo) e da inoculação ou não das mudas com o fungo *Glomus etunicatum*. O segundo experimento constou de 8 tratamentos que incluíram a adubação fosfatada e nitrogenada e a inoculação com rizóbio e MVA, combinados em esquema fatorial, em solo fumigado e sem fumigação. Após o cultivo por cerca de 110 dias, foram avaliados parâmetros de crescimento, colonização micorrízica, nodulação e os teores de nutrientes na parte aérea. Tanto a aplicação de P como a inoculação com fungo MVA influenciaram significativamente o crescimento das mudas, sendo as respostas ao P mais acentuadas em mudas inoculadas com fungos MVA. Os maiores incrementos em resposta foram obtidos com a aplicação de apenas 30 mg P/kg solo, indicando um baixo

requerimento de P destas espécies na fase inicial de crescimento. A aplicação de P mostrou-se essencial para a nodulação e não exerceu efeito depressivo na colonização micorrízica, nas doses testadas. A inoculação com rizóbio mostrou-se menos eficiente que a adubação nitrogenada na promoção do crescimento e fornecimento de N e a inoculação micorrízica favoreceu a absorção de alguns nutrientes. Conclui-se que em solos deficientes em P, o crescimento e a nodulação destas espécies, quando inoculadas com estirpes de rizóbio selecionadas, podem ser facilitadas pela adição de pequenas quantidades de P, entre 30 e 60 mg P/kg solo e pela inoculação com fungos MVA.

7. SUMMARY

Two experiments were carried out under greenhouse conditions in a dark red latosol in order to evaluate the effect of phosphorus and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi (VAM) on initial growth and mineral nutrition of four legume trees species (*Acacia mangium*, *Albizia lebbek*, *Peltophorum dubium*, and *Leucaena leucocephala*). The first experiment was conducted in a non-fumigated soil with five phosphorus levels (0, 30, 60, 120 and 480 mg P kg⁻¹ soil) and inoculation with the VAM fungus *Glomus etunicatum*. The second experiment consisted of eight treatments including phosphorus and mineral nitrogen application, inoculation with rhizobium and with VAM in fumigated and non-fumigated soil. In both experiments, were harvested after 110 days of growth and evaluated for growth parameters, VAM colonization, nodulation and nutrient contents. Phosphorus application and VAM inoculation affected significantly plant growth, with phosphorus response being greater for VAM inoculated plants than for non-inoculates ones. Maximum phosphorus response was attained with application of 30 mg P kg⁻¹ soil, indicating a low external phosphorus requeriment by these legume species. Adequate phosphorus supply was crucial for nodulation and exhibited no inhibition on VAM colonization. Rhizobium

inoculation was less effective than mineral nitrogen, not only in terms of nitrogen acquisition, but also with respect to plant growth. It is concluded that in soils with low phosphorus availability, growth and nodulation of these legume species with selected rhizobium can be enhanced by application of small amounts of phosphorus, between 30 and 60 mg P kg⁻¹ soil, as well as by inoculation with VAM fungi.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. ABBOTT, L.K. & ROBSON, A.D. Infectivity and effectiveness of five endomycorrhizal fungi: competition with indigenous fungi in field soils. *Australian Journal Agriculture Research*, Melbourne, 32 (4):621-30, Jul./Aug. 1981.
2. AGGANGAN, N.S.; LORILLA, E.B.; ZARATE, J.C.; CRUZ, R.E. de la. Screening for effectiveness of 3 VAM fungi or 4 provences of *Acacia auriculiformes*. In: THE INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF MANAGEMENT OF MYCORRHIZAS IN AGRICULTURE, HORTICULTURE AND FORESTRY, Perth, 1992. Anais... Perth, Australia, 1992. p.103
3. AMIJEE, F.; TINKER, P.B. & STRIBLEY, D.P. The development of endomycorrhizal root systems. VII. A detailed study of effects of soil phosphorus on colonization. *The New Phytologist*, Oxford, 11(3):435-46, Mar. 1989.
4. ANDREW, C.S. Nutritional restraints on legume symbiosis. In: VINCENT, J.M. ed. *Exploiting the legume-Rhizobium symbiosis in tropical agriculture*. London, Academic Press, 1976. p. 253-74
5. BAREA, J.M. Vesicular-arbuscular mycorrhizae as modifiers of soil fertility. *Advances in Soil Science*, New York, 15:1-39, 1991.
6. _____ & AZCON-AGUILAR, C. Mycorrhizas and their significance in nodulating nitrogen-fixing plants. *Advances in Agronomy*, New York, 36:1-54, 1983.
7. _____ ; ESCUDERO, J.L. & AZCON-AGUILAR, C. Effect of introduced and indigenous VA mycorrhizal fungi on nodulation, growth and nutrition of *Medicago sativa* in phosphate-fixing soil as affected by fertilizers. *Plant and Soil*, The Hague, 54(1/3):283-96, 1980.
8. BARNETT, Y.M. & CATT, P.C. Distribution and characteristics off root-nodule bacteria isolated from Australian *Acacia spp.* *Plant and Soil*, The Hague, 135(1):109-20, 1991.
9. BAUER, W.D. Infection of legumes by rhizobia. *Annual Review of Plant Physiology*, Palo Alto, 32:407-9, 1981.

10. BAYLIS, G.T.S. The magnolioid mycorrhiza and mycotrophy in root systems derived from it. In: SANDERS, F.E.; MOSSE, B. & THINKER P.B., ed. *Endomycorrhizas*. London, Academic Press, 1975. p.373-389.
11. BETHLENFALVAY, G.J.; FRANSON, R.L.; BROWN, M.S. & MIHARA, K.L. The *Glicine-Glomus-Bradyrhizobium* symbiosis. IX. Nutritional, morphological and physiological responses of nodulated soybean to geografic isolates of the mycorrhizal fungus *Glomus mosseae* *Physiologia Plantarum*, Copenhagen, 76 (2): 226-32, June 1989.
12. BJORKMAN, E. Forest tree mycorrhiza- the conditions for its formation and the significance for tree growth and afforestation. *Plant and Soil*, The Hague, 32:589-610, 1970.
13. BLANCHAR, R.W.; REHM, G. & CALDWELL, A.C. Sulfur in plant material digestion with nitric and perchloric acids. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, 29 (1): 71-2, Jan./Feb. 1965.
14. BOLAN, S.; ROBSON, A.D. & BARROW, N.J. Increasing phosphorus supply can increase the infection of plant roots by vesicular- arbuscular mycorrhizal fungi. *Soil Biology and Biochemistry*, Oxford, 16(4):419-20, Apr. 1984.
15. BONETTI, R.; MAGALHAES, F.M.M. População de *Rhizobium spp e* ocorrência de micorriza V.A. em cultivos de essências florestais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 19: 137-42, jun. 1984..
16. BOWEN, G.D. Mycorrhizal roles in the tropical plants and ecosystems. In: MIKOLA, P. ed. *Tropical mycorrhizal research*. New York, 1980. p.165-90.
17. _____ & NAMBIAR, E.K.S. Future directions in plantation nutrition research. In: BOWER, G.D. & NAMBIAR, E.K.S. ed. *Nutrition of plantation forest*. London, Academic Press, 1989. p.489-504.
18. CARVALHO, M.M. de; EDWARDS, D.G.; ANDREW, C.S. & ASHER, C.J. Aluminum toxicity nodulation and growth of *Stylosanthes* species. *Agronomy Journal*, Madison, 73 (1-3):261-5, Jan./Mar. 1981.
19. CASSMAN, K.G.; MUNNS, D.N. & BECK, D.P. Growth of *Rhizobium* strains at low concentrations of phosphate. *Soil Science Society of American Journal*, Madison, 45(3): 520-3, Mar.1981.
20. CHANG, K.P.; HU, H.T. & KAO, P.C. Effect of endomycorrhizal fungi and *Rhizobium* inoculation on growth of *Acacia auriculiformis* A. Cunn. ex Benth. *Nitrogen Fixing Tree Research Reports*, Taiwan, 4:40-1, 1986.

21. COLONNA, J.P.; THOEN, D.; DUCOUSSO, M. & BRADJI, S. Comparative effects of *Glomus mosseae* and P fertilizer on foliar mineral composition of *Acacia senegal* seedlings inoculated with *Rhizobium*. *Mycorrhiza*, Springer-Verlag, 1 (1): 35-38, Jan.1991.
22. DAVEY, C.B. & WOLLUM, A.G. Nitrogen fixation systems in forest plantations. In: BOWEN, G.D. & NAMBIAR, E.K.S., ed. Nutrition of plantation forest. London, Academic Press, 1989. p.361-77.
23. DIAS, L.E.; ALVAREZ V., V.H. & BRIENZA JUNIOR, S.B. Formação de mudas de *Acacia mangium*: 1. Resposta à calcário e à fósforo. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6, Campos do Jordão, 1990, Anais..., Campos do Jordão, 1990. p. 449-53.
24. DOBEREINER, J. Nodulação e fixação de nitrogênio em leguminosas florestais, *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 19: 83-90, jun. 1984.
25. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA-CNPBS. Revegetação de solos degradados. Seropédica, 1992. 11 p. (Comunicado Técnico, nº 10).
26. FERNANDES, A.B. & SIQUEIRA, J.O. Micorrizas vesicular-arbuscular em cafeeiros da região sul do Estado de Minas Gerais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 24 (12): 1489-98, dez. 1989.
27. _____; SIQUEIRA, J.O.; MENEZES, M.A.L. & GUEDES, G.A.A. Efeito diferenciado do fósforo sobre o estabelecimento e efetividade da simbiose endomicorrizica em milho e soja. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 11 (2):101-8, maio/ago. 1987.
28. FERRARA-CERRATO, R. & VILLERIAS, S.J. Effects of *Glomus-Rhizobium* double inoculation on the growth *Eysenhardtia polystachya*(Ort.) Sarg. *Nitrogen Fixing Tree Research Reports*, Taiwan, 2: 15-6, 1984.
29. FRANCO, A.A. Fixação de nitrogênio em árvores e fertilidade do solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 19: 253-61, jun. 1984.
30. _____ & MUNNS, D.N. Plant assimilation and nitrogen cycling. *Plant and Soil*, The Hague, 67:1-14, 1982.
31. FOX, J.L. External phosphorus requirements of crops. In: STELLY, M. ed. *Chemistry in the soil environment*. Madison, American Society of Agronomy, 1981. p. 223-59.
32. GALVAO, A.P.M. Árvores fixadoras de nitrogênio no Programa Nacional de Pesquisa Florestal. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 19:13-22, jun. 1984.

33. GARCIA, M.; LIBUIT, J.S.; BAGGAYAN, R.L. Effects of *Rhizobium* inoculation on growth and nodulation of *Albizia falcataria*(L.) Fosh and *Acacia mangium* Wild in the nursery. *Plant and Soil*, The Hague, 108:71-8, 1988.
34. GIOVANNETTI, M. & MOSSE, B. An evaluateon of techniques to measure vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. *The New Phytologist*, Oxford, 84 (3): 484-500, Mar. 1980.
35. HABTE, M. & MANJUNATH, A. Categories of vesicular-arbuscular micorrhizal dependency of host species. *Mycorrhiza*, Springer- Verlag, 1 (1): 3-12, 1991.
36. _____ & TURK, D. Response of two species of *Cassia* and *Gliricidia sepium* to vesicular-arbuscular mycorrhizal infection. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, Monticello, 22(17/18):1861-72, 1991.
37. HAYMAN, D.S. The phisiology of vesicular-arbuscular endomycorrhizal symbiosis. *Canadian Journal of Botany*, Ottawa, 61(1-3):944-63, Jan./Feb. 1983.
38. _____ & MOSSE, B. Plant growth responses to vesicular-arbuscular mycorrhiza. III. Increased uptake of labile P from soil. *The New Phytologist*, Oxford, 71:41-47, 1972.
39. HOWELER, R.H.; SIEVERDING, E. & SAIF, S. Pratical aspects of mycorrhizal technology in some tropical crops and pastures. *Plant and Soil*, The Hague, 100 (1/3): 249-83, 1987.
40. HUANG, R.; BAGYARAJ, D.J. & GOPALAGOWDA, H.S. Dual inoculation with VA mycorrhiza and rhizobium is beneficial to *Leucaena*. *Plant and Soil*, The Hague, 78 (1/3):445-48, 1984.
41. _____ ; SMITH, W.K. & YOST, R.S. Influence of vesicular-arbuscular mycorrhiza in growth, water relations and leaf orientation in *Leucaena leucocephala* (Lam.). *The New Phytologist*, Oxford, 99 (1/2):229-43, 1985.
42. JARRELL, W.M. & BEVERLY, R.B. The diluition effect in plant nutrition studies. *Advances in Agronomy*, New York, 34:197-224, 1981.
43. KITT, D.G.; HETRICK, B.A.D. & WILSON, G.T. Relationship of soil fertility to supression of growth response of mycorrhizal big bluestem in non sterile soil. *The New Phytologist*, Oxford, 109(4): 473-81, Jan./Apr. 1988.
44. KOIDE, R.T. Nutrient suply, nutrient demand and plant response to mycorrhizal infection. *The New Phytologist*, Oxford, 113(3):365-86, Mar. 1991.

45. KORMAMNIK, P.D. Effects of phosphorus and vesicular-arbuscular mycorrhizal on growth and leaf retention of black walnut seedlings. *Canadian Journal Forest Research*, Ottawa, 15:688-93, 1985.
46. LIAO, C.F.H. Devarda's alloy method for total nitrogen determination. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, 45(5): 852-5, Sept/Oct. 1981.
47. MAESTRI, R.; GRAÇA, L.R.; SIMÕES, J.W.; FREITAS, A.J.P. Análise da adubação fosfatada na produção física e econômica da acácia-negra. *Boletim de Pesquisa Florestal*, Curitiba, 14:39-53, jun/ 1987.
48. MANJUNATH, J.H.; BAGYARAJ, D.J.; GOPALAGOWA, H.S. Dual inoculation on with VA mycorrhizal and *Rhizobium* is beneficial to *leucaena*. *Plant and Soil*, The Hague, 78 (1-3): 445-8, Jan./Mar. 1984.
49. MANJUNATH, A. & HABTE, M. Establishment of soil solution P levels for studies involving vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, Monticello, 21(7-21): 557-66, 1990.
50. MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. 4 ed. San Diego, Academic Press, 1991. 674p.
51. MENGE, J.A.; JOHNSON, E.L.V. & PLATT, R.G. Mycorrhizal dependency of several citrus cultivars under three nutrients regime. *The New Phytologist*, Oxford, 81: 553-59, 1978.
52. MOHAN, S.; PRASAD, K.G. & GUPTA, G.N. Fertilizer response to selected social forestry species under varying soil texture. *Indian Forester*, New Forester, 116(1):49-57, Jan.1990.
53. MONTEIRO, E.M. da S. Resposta de leguminosas arbóreas à inoculação com rizóbio e fungos micorrízicos vesículo-arbusculares em solo ácido. Itaguaí, UFRRJ, 1990. 221p. (Tese de Doutorado)
54. MOSSE, B.; WARNER, A. & CLARKE, C.A. Plant growth responses to vesicular-arbuscular mycorrhiza. XIII. Spread of an introduced VA endophyte in the field and residual growth effects of inoculation in the second year. *The New Phytologist*, Oxford, 90: 521-528, 1982.
55. MULLIGAN, D.R.; BELL, L.C. & DART, P.J. Mycorrhizal status of trees in disturbed landscapes. In: THE INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF MANAGEMENT OF MYCORRHIZAS IN AGRICULTURE, HORTICULTURE AND FORESTRY, Perth, 1992. *Anais...* Perth, Austrália, 1992. p.146.

56. NAIR, P.K.R.; FERNANDES, E.C.M. & WAMBUGU, P.N. Multipurpose leguminous trees and shrubs for agroforestry. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 19:295-314, 1984.
57. NAMBIAR, E.K.S. Plantation forests: their scope and perspective on plantation nutrition. In: BOWEN, G.B. & NAMBIAR, E.K.S., eds. *Nutrition of plantation forests*. London, Academic Press, 1989. p. 1-15.
58. NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. *Tropical legumes resources for the future*. Washington, 1979. 331p.
59. NELSEN, C.E. The water relations of vesicular-arbuscular mycorrhizal systems. In: SAFIR, G.R. ed. *Ecophysiology of VA mycorrhizal plants*. Boca Raton, CRC Press, 1987. p.71-91.
60. PAUL, E.A. & CLARK, F.E. *Soil Microbiology and Biochemistry*. San Diego, Academic Press, 1989. 273p.
61. PAULA, M.A. & SIQUEIRA, J.O. Efeito de micorrizas vesicular-arbusculares no crescimento, nodulação e acúmulo do nitrogênio pela soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 22 (2): 171-78, fev. 1987.
62. _____ & SIQUEIRA, J.O. A adição de nitrato de amônio e superfosfato triplo e a simbiose *Glycine-Bradyrhizobium-Glomus macrocarpum*. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 13 (2):155-62, maio/ago. 1989.
63. PRITCHETT, W.L. & FISHER, R.F. *Properties and management forest soils*. 2nd. Ed. New York, John Wiley & Sons, 1987. 494 p.
64. POKRYIAL, t.c.; BAHNDARI, H.C.S.; NEGI, D.S.; CHAUKYAL, S.P. & GUPTA, B.B. Identification of some fastgrowing leguminous tree species for nitrogen fixation on studies. *Indian Forester*, New Forest, 116(6): 504-7, June 1990.
65. POPE, P.E.; CHANEY, W.R.; RHODES, J.D.; WOODHEAD, S.H. The mycorrhizal dependency of four hardwood tree species. *Canadian Journal of Botany*, Ottawa, 61 (4-6): 4112-17, Apr./July 1987.
66. QUAGGIO, J.A. Critérios de calagem em solos do Estado de São Paulo. Piracicaba, ESALQ/USP, 1983. 76p. (Tese Ms.)
67. REDDEL, P.; PRIN, Y. & THEODOROU, C. Growth responses in *Acacia mangium* to inoculation with ectomycorrhizal fungi. In: THE INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF MANAGEMENT OF MYCORRHIZAL IN AGRICULTURE, HORTICULTURE AND FORESTRY. Perth, 1992. *Anais...* Perth, Australia, 1992. p.166.
68. RHODES, L.H. & GERDEMANN, J.W. Phosphate uptake zones of mycorrhizal and non mycorrhizal onions. *The New Phytologist*, Oxford, 75:555-61, 1975.

69. ROSKOSKY, J.P. Nodulation and N_2 fixation by *Inga jinicuil*, a wood legume in coffee plantations: I. Measurements of nodule biomass and field C_2H_2 reduction rates. *Plant and Soil*, The Hague, 59: 201-6, 1981.
70. SAGGIN JUNIOR, O.J. Efeito de fungos micorrizicos e adubação fosfatada no crescimento, nutrição e produção do cafeeiro (*Coffea arabica* L.). Lavras, ESAL, 1992. 127p. (Tese MS.)
71. SAIF, S.R. Growth response of tropical forage plant species to vesicular arbuscular mycorrhizae: I. Growth, mineral uptake and mycorrhizal dependency. *Plant and Soil*, The Hague, 97: (1/3):25-35, 1987.
72. SANCHEZ, P.A. Suelos del trópico: características y manejo. Costa Rica, IICA, 1981. 635p.
73. SANKARAN, K.V. Selection of an efficient VA mycorrhizal fungus for *Acacia auriculiformis*. In: THE INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF MYCORRHIZAS IN AGRICULTURE, HORTICULTURE AND FORESTRY. Perth, 1992. Anais... Perth, Australia, 1992. p.117.
74. SCHULTZ, R.S.; KORMANIK, P.P. & BRYAN, W. C. Effects of fertilization and vesicular-arbuscular mycorrhizal inoculation on growth of hardwood seedlings. *Soil Science Society of American Journal*, Madison, 45 (1-3):961-65, Jan./Mar. 1981.
75. SILVA, G.G. da & FRANCO, A.A. Seleção de estirpes de *Rhizobium spp.* de leguminosas florestais em meio de cultura tolerantes a acidez e a toxidez do Al. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 19: 169-73, jun. 1984.
76. SILVA, L.F.C. & SIQUEIRA, J.O. Crescimento e teores de nutrientes de mudas de abacateiro, mangueira e mamoeiro sob influência de diferentes espécies de fungos micorrizicos vesiculo-arbusculares. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 15(3): 283-88, set./dez. 1991.
77. SILVEIRA, A.P.D. da. Cinética da absorção de fósforo e estado nutricional do feijoeiro sob influência de micorriza vesiculo-arbuscular. Piracicaba, ESALQ/USP, 1990. 130 p. (Tese Doutorado).
78. SIQUEIRA, J.O. Eficiência de fertilizantes fosfatados em associações micorrizicas. In: ENCONTRO NACIONAL DE ROCHA FOSFÁTICA, 5. Anais...IBRAFOS, 1990. p-165-93.
79. _____ & COLLOZI-FILHO. Micorrizas vesiculo-arbusculares em mudas de cafeeiro. II. Efeito do fósforo no estabelecimento e funcionamento. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 10 (3): 207-11, set./dez. 1986.

80. SIQUEIRA, J.O. & FRANCO, A.A. *Biotechnologia do solo: fundamentos e perspectivas*. Lavras, MEC/ESAL/FAEPE/ABEAS. 1988. 235p.
81. _____ & PAULA, M.A. Efeito de micorrizas vesículo-arbusculares na nutrição e aproveitamento do fósforo pela soja em solos sob cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 10 (1-3):97-102, jan. /abr. 1986.
82. _____ ; HUBBELL, O.H.; VALLE, R.R. Effects of phosphorus on formation of the vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 19(12): 1465-74, 1984.
83. _____ , J.O.; SAFIR, G.R. & NAIR, M.G. VA-mycorrhizae and micorrhiza stimulating isoflavonoid compound reduce plant herbicide injury. *Plant and Soil*, The Hague, 134 (2): 233-42, July 1991.
84. _____ & SAGGIN JUNIOR, O.J. Importance of mycorrhizal in low-fertility soils. In: CIMMYT, J.A., ed. *STRESS PHYSIOLOGY*, Deutsch, 1993 (in press)
85. SIVAPRASAD, P.; HEDGE, S.V. & RAI, P.V. Effect of rhizobium and mycorrhizal inoculation on growth of leucaena. *Leucaena Research Reports*, Bangalore, 4:42, 1983.
86. SMITH, S.E. Mycorrhizas of autotrophic higher plants. *Biological Review*, Cambridge, 55: 475-510, 1980.
87. _____ & DAFT, M. J. Interactions between growth fosfate content and N₂ fixation in mycorrhizal and non-mycorrhizal *Medicago sativa*. *Australian Journal of Plant Physiology*, Victoria, 4 : 403-13, 1977.
88. SOUTH, W.T. & HABTE, M. The influence of starter nitrogen and mycorrhizal inoculation on the post-transplanting performance of *leucaena*. *Leucaena Research Reports*, Bangalore, 6: 95-6, 1985.
89. SUN, J.S.; SIMPSON, R.J. & SANDS, R. Nitrogenase activity of two genotypes of *Acacia mangium* as affected by phosphorus nutrition. *Plant and Soil*, The Hague, 144/145 (1/2): 51-8, 1992.
90. TAUFUQL, A. & HABTE, M. Interaction of *Leucaena* with *Glomus fasciculatum* in a typical oxisol. *Leucaena Research Reports*, Bangalore, 6:97-8, 1985.
91. THOMAS, R.S.; DAKESSIA, N.S.; AMES, R.N.; BROWN, M.S. & BETHLEN-FALVAY, G.J. Agregation of a silty clay loam soil by micorrhizal onion roots. *Soil Science Society American Journal*, Madison, 50 (8): 1494-99, 1986.

92. THONSON, B.D.; ROBSON, A.D. & ABBOTT, L.K. Effect of phosphorus on the formation of mycorrhizas by *Gigaspora calospora* and *G. fasciculatum* in relation to root carbohydrates. *The New Phytologist*, Oxford, 109(4): 473-81, Ago. 1988.
93. VALARINI, M.J. & BUFARAH, G. Respostas de leucena à inoculação comparada a diferentes tratamentos fertilizantes. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 19: 275-80, jun.1984.
94. VIDOR, C.; KOLLING, J.; FREIRE, J.R.J.; SCHOLLES, D.; BROSE, E.; PEDROSO, M.H.T. Fixação biológica do nitrogênio pela simbiose entre *Rhizobium* e leguminosas. *Boletim Técnico*, Porto Alegre, 11: 5-52, out./nov.1983.
95. VIEIRA, R.F. & PERES, J.R.R. Definição do teor de fósforo no solo para máxima eficiência da associação ectomicorrízica em *Eucalyptus grandis*. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 12 (1/3):237-41, jan./abr. 1988.
96. WARING, R.H. & SCHELESINGER, W.H. *Forest ecosystems: concepts and management*. San Diego, Academic Press, 1985. 340 p.
97. ZAMBOLIM, L. & SIQUEIRA, J.O. *Importância e potencial das associações micorrízicas para a agricultura*. Belo Horizonte, EPAMIG. 1985. 36p. (Série Documentos, 26).